



Analysis of sustainability strategies of residential complexes based on green technology (Case study: Tehran)

Leila Zare ¹, Mahsa Behnam ², Mohammad Hossein Izadi ³

1- Assistant Professor ,Creative Economy Research Center,Islamic Azad University West Tehran Branch, Tehran, Iran.

2- Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning ,Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.

3- Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Article info	Abstract
Article type: Research Article Received: 2024/06/09 Accepted: 2025/02/09 pp: 113-145 Keywords: Green Roof, Green Facade, Sustainability, Residential Complexes.	Cities, as primary centers of social, economic, and cultural activities, are facing challenges such as air pollution, global warming, and reduction of green spaces today. One notable solution to confront such challenges is the utilization of roof gardens and green facades. Considering the geographical location and environmental issues of urban areas, the use of roof gardens and green facades is considered a significant innovation. This research aims to examine the role of roof gardens and green facades, their benefits, and barriers to their use in sustainable urban development with a focus on residential complexes. Additionally, strategies to enhance the utilization of this innovation in Tehran are proposed. This research was conducted using a descriptive-analytical method and utilizing relevant literature and documents related to roof gardens and green facades and their application at various levels. Additionally, field studies and distributed questionnaires were used to collect empirical data from residential complexes. The use of roof gardens and green facades in residential complexes has environmental, economic, and social benefits. Environmentally, these technologies contribute to improving air quality, regulating temperature, and increasing biodiversity. Economically, they can lead to energy savings and increased property values. Socially, green spaces can enhance the quality of life by providing beautiful landscapes and recreational areas. Roof gardens and green facades are instrumental in fostering sustainable urban development. By purifying air, mitigating global warming effects, and conserving energy, they elevate the living standards of urban residents. Despite initial investment hurdles, strategic long-term planning can surmount adoption barriers, ensuring widespread implementation and delivering lasting benefits for urban communities, thus advancing sustainability and enhancing overall quality of life.
	Citation: Zare, L., Behnam, M., & Izadi, Mohammad Hossein. (2025). Analysis of sustainability strategies of residential complexes based on green technology (Case study: Tehran). <i>Journal of Urban Futurology</i>, 4(4), 113-145.  © The Author(s). Publisher: Islamic Azad University, Zahedan Branch. DOI: https://doi.org/10.82545/uf.2025.1122186

Extended Abstract

Introduction

In recent years, as cities have undergone significant urbanization and experienced a surge in population growth, they have emerged as pivotal centers of human activity. However, the rapid expansion and development of large urban areas have brought about a host of challenges, including air pollution, diminished green spaces, and escalating temperatures, which have had adverse effects on the well-being of city dwellers. Extensive studies have underscored the pivotal role of roof gardens and green facades in addressing these challenges by mitigating air pollution, enhancing indoor air quality, combating urban heat island effects, promoting biodiversity, and bolstering building insulation. Moreover, these green interventions have been associated with notable economic benefits, such as energy conservation, heightened property values, and reduced maintenance expenses. From a social standpoint, the integration of roof gardens and green facades has the potential to elevate overall quality of life, foster mental wellness, cultivate green communal areas, and augment psychological resilience.

Contemporary green systems not only encompass traditional green building facades and coverings but also incorporate evolving technologies like green roofs and green facades to optimize durability and efficacy. While these systems are often utilized for their aesthetic appeal within urban landscapes, they also serve to optimize plant performance for functional building purposes. Furthermore, green systems can serve as integral components of sustainable urban and architectural redevelopment strategies.

Recognizing the critical role of urban green spaces in enhancing environmental conditions and enriching the lives of city residents, this study seeks to explore the transformative potential of roof gardens and green facades as innovative solutions for

urban green space development and the attainment of sustainable development objectives in residential complexes. Roof gardens and green facades represent cutting-edge and sustainable approaches to addressing environmental challenges stemming from urbanization. In today's context, Tehran, with its burgeoning population exceeding 12 million and rapid urban expansion, stands as one of the world's most populous cities. Nonetheless, it continues to grapple with issues such as air pollution, dwindling green spaces, and declining quality of life for its residents. In light of these challenges, the utilization of roof gardens and green facades to enhance the living conditions of Tehran's residents emerges as a critical imperative. Thus, this research endeavors to delve into the multifaceted role of roof gardens and green facades in fostering sustainability within residential complexes.

Methodology

This research examines and evaluates the impact of roof gardens and green facades as one of the effective factors in urban sustainability to enhance the quality and desirability of spatial environments in residential complexes for improving environmental conditions. In the theoretical framework discussion, a transparent text clarification method and content analysis are utilized to examine relevant texts concerning the concepts of roof gardens, green facades, and sustainable design. Definitions and concepts related to the research topic are scrutinized and presented, followed by an analytical and comparative approach using space users' opinions to deduce final conclusions and categorize and evaluate spatial desirability criteria. In this regard, a comparative analysis of several residential complexes is conducted, and questionnaires are administered to residents of selected samples. Efforts are made to categorize and identify spatial desirability criteria.

Subsequently, an analytical-comparative method is employed to compare four residential complexes, two with desirable environments featuring roof gardens and green facades and two without.

Results and discussion

Utilizing roof gardens and green facades in residential complexes yields a trifecta of environmental, economic, and social benefits. Environmentally, they enhance air quality through natural filtration processes, moderate temperatures to combat urban heat island effects, and promote biodiversity within urban landscapes. Economically, these green technologies result in significant energy savings by reducing the need for artificial cooling and heating, while simultaneously increasing property values due to their aesthetic appeal and sustainability features. Socially, the creation of green spaces fosters a sense of community by providing residents with serene and inviting areas for relaxation, recreation, and social interaction. Moreover, these green spaces contribute to mental and physical well-being, offering residents an escape from the hustle and bustle of urban life and promoting a healthier lifestyle. Therefore, the utilization of roof gardens and green facades in residential complexes emerges as a holistic solution to address contemporary urban challenges while simultaneously enhancing the overall livability and sustainability of urban communities.

Conclusion

Roof gardens and green facades serve as multifaceted contributors not only to the enhancement of environmental quality and the advancement of sustainable urban development but also to the promotion of sustainability within residential complexes. These green technologies play a crucial role in ameliorating environmental conditions

and uplifting the living standards of residents, thereby fostering the creation of healthy and enduring residential environments. The integration of more green spaces within residential complexes offers residents pleasant and serene surroundings, fostering social interactions and bolstering community cohesion. Additionally, these technologies contribute to improving the financial and economic well-being of residents by enhancing property values and decreasing maintenance expenses. Consequently, roof gardens and green facades are indispensable for the sustainability and longevity of housing, enriching the quality of life for residents within residential complexes. Moreover, their incorporation not only enhances the visual appeal of residential structures but also instills a sense of environmental responsibility among residents, motivating them to adopt sustainable living practices. Thus, roof gardens and green facades serve as integral elements in the establishment of vibrant, resilient, and sustainable residential communities, catering to the needs of both present and future generations.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper



فصلنامه آینده پژوهی شهری

فصلنامه آینده پژوهی شهری

دوره ۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

شاپا الکترونیکی: ۴۳۴۴-۲۷۸۳

<https://uf.zahedan.iau.ir/>



واحد زاهدان

تحلیل راهبردهای پایداری مجتمع‌های مسکونی براساس فناوری سبز (مورد مطالعه: تهران)

لیلا زارع^۱، مهسا بهنام^۲، محمد حسین ایزدی^۳

۱- استادیار، مرکز تحقیقات اقتصادخلاق، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

۲- گروه معماری، دانشکده عمران معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۳- گروه معماری، دانشکده عمران معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

چکیده	اطلاعات مقاله
شهرها به عنوان مراکز اصلی فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی، امروزه با چالش‌هایی همچون آلودگی هوا، گرمایش جهانی و کاهش فضای سبز روبه‌رو هستند. یکی از راه‌حل‌های مورد توجه برای مواجهه با این گونه چالش‌ها، استفاده از بام‌ها و نماهای سبز است. با توجه به موقعیت جغرافیایی و مشکلات زیست‌محیطی شهری، استفاده از بام‌ها و نماهای سبز به عنوان یک نوآوری مهم محسوب می‌شود. این پژوهش به بررسی نقش بام‌ها و نماهای سبز، مزایا و موانع استفاده از آن‌ها در توسعه پایدار شهری با تمرکز بر مجتمع‌های مسکونی می‌پردازد. همچنین، راهکارهایی به منظور ارتقای استفاده از این نوآوری در تهران ارائه می‌گردد. این پژوهش با روشی توصیفی-تحلیلی و بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی مرتبط با بام‌ها و نماهای سبز و کاربرد آن‌ها در سطوح مختلف انجام شده است. علاوه بر این، از مطالعات میدانی و پرسشنامه‌های توزیع شده برای جمع‌آوری داده‌های تجربی از مجتمع‌های مسکونی، استفاده شده است. استفاده از بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی دارای مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی است. از نظر زیست‌محیطی، این فناوری‌ها به بهبود کیفیت هوا، تنظیم دما و افزایش تنوع زیستی کمک می‌کنند. از لحاظ اقتصادی، می‌توانند منجر به صرفه‌جویی در انرژی و افزایش ارزش املاک شوند. از نظر اجتماعی، فضای سبز می‌تواند کیفیت زندگی را با فراهم آوردن مناظر زیبا و فضای تفریحی بهبود بخشد. استفاده از بام‌ها و نماهای سبز می‌تواند به طور چشمگیری به توسعه پایدار شهری کمک نماید. این فناوری‌ها باعث بهبود کیفیت هوا، کاهش گرمایش جهانی، صرفه‌جویی در انرژی و افزایش ارزش املاک می‌شوند و کیفیت زندگی شهروندان را ارتقا می‌دهند. هزینه‌های اولیه نصب و نگهداری، از موانع اصلی گسترش این سیستم‌ها می‌باشند. برای رفع این موانع، نیاز به برنامه‌ریزی‌های بلند مدت است. با اجرای این اقدامات، می‌توان با استفاده از بام‌ها و نماهای سبز به پایداری و بهبود کیفیت زندگی شهری دست یافت.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱ صص: ۱۱۳-۱۴۵ واژگان کلیدی: بام سبز، نمای سبز، پایداری، مجتمع‌های مسکونی.

استناد: زارع، لیلا؛ بهنام، مهسا؛ و ایزدی، محمد حسین. (۱۴۰۳). تحلیل راهبردهای پایداری مجتمع‌های مسکونی براساس فناوری سبز (مورد مطالعه: تهران). فصلنامه آینده پژوهی شهری، ۴(۴)، ۱۱۳-۱۴۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان.

DOI: <https://doi.org/10.82545/uf.2025.1122186>

© نویسنده‌گان



^۱ نویسنده مسئول: لیلا زارع، پست الکترونیکی: zare@wtiau.ac.ir، تلفن: ۰۹۱۲۴۴۰۱۱۸۳

مقدمه

در دهه‌های اخیر، با گسترش شهرنشینی و افزایش جمعیت شهری، شهرها به مراکز حیاتی فعالیت‌های انسانی تبدیل شده‌اند. رشد و پیشرفت شهرهای بزرگ چالش‌هایی نظیر آلودگی هوا، کاهش فضای سبز و افزایش دما را به همراه داشته است، که همواره تأثیرات زیان‌باری بر زندگی شهروندان داشته‌اند. تحقیقات گسترده‌ای که در این رابطه انجام شده است، بیانگر نقش بام‌ها و نماهای سبز در کاهش آلودگی هوا، بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان، کاهش اثر جزیره گرمایی شهری، افزایش تنوع زیستی و بهبود عایق بندی ساختمان‌ها می‌باشد. همچنین، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش ارزش ملک و کاهش هزینه‌های نگهداری از دیگر مزایای اقتصادی این فناوری به شمار می‌روند. از منظر اجتماعی نیز، بام‌ها و نماهای سبز می‌توانند موجب ارتقای کیفیت زندگی، بهبود سلامت روان، ایجاد فضاهای سبز و افزایش امنیت روانی شوند.

سیستم‌های کنونی صرفاً شامل نماها و پوشش‌های سبز ساختمانی نمی‌شوند. بلکه امروزه سیستم‌های سبز مانند بام‌های سبز و نماهای سبز دارای فناوری‌های در حال توسعه به منظور افزایش دوام و بهره‌وری می‌باشند این گونه سیستم‌ها، اغلب به عنوان یک ویژگی زیبایی شناختی در سطح شهر استفاده می‌شوند. با این حال، این فناوری می‌تواند مزایای عملکردی گیاهان را برای عملکرد ساختمان‌ها به حداکثر برساند. همچنین، سیستم‌های سبز می‌توانند بخشی از یک استراتژی پایدار برای بازسازی شهری و بازسازی ساختمانی باشند. بام‌ها و نماهای سبز، یکی از راهکارهای نوین و پایدار برای توسعه فضای سبز در شهرها و مقابله با چالش‌های زیست محیطی ناشی از شهرنشینی هستند. این فناوری با استفاده از گیاهان برای پوشاندن سطوح افقی (بام‌ها) و عمودی (نماها) ساختمان‌ها، می‌تواند منافع متعددی را به همراه داشته باشد.

طراحی و استفاده از عناصر سبز مانند بام‌ها و نماها در مناظر شهری می‌تواند ارزش زیست محیطی شهر را افزایش دهند. سبزینگی در محیط، از عوامل تأثیرگذار در ایجاد توسعه پایدار و شکل‌گیری شهری پایدار است (Hussein et al, 2023: 190). پایداری شهری به یکی از بزرگترین چالش‌ها در چند دهه اخیر تبدیل شده است، زیرا تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی، و افزایش شهرنشینی منجر به تعدادی از پیامدهای منفی زیست محیطی مانند گرم شدن جهانی، آلودگی هوا، کاهش لایه اوزون در استراتوسفر، اثر جزیره حرارتی شهری (UHI)، آلودگی صوتی و کاهش تنوع زیستی شده‌اند (Cook et al, 2021: 188). افزایش تراکم جمعیت و گسترش شهرنشینی منجر به کاهش فضاهای سبز شهری و افزایش آلودگی هوا شده است. این شرایط نیاز به یافتن راه‌حل‌های نوآورانه برای بهبود کیفیت محیط زیست شهری و افزایش پایداری مجتمع‌های مسکونی را بیشتر از پیش نمایان می‌کند. بام‌ها و نماهای سبز به عنوان یک رویکرد کارآمد برای مواجهه با این مشکلات، می‌توانند علاوه بر کاهش آلودگی هوا و اثرات جزیره حرارتی شهری، در افزایش بازده انرژی ساختمان‌ها و ایجاد فضاهای زیبا و دلپذیر برای ساکنان نقش داشته باشند. (اکبرزاده، فیض-منش، ۱۳۹۷، ۷۷)، از این منظر، بام‌ها و نماهای سبز با توجه به پتانسیل بالای خود در ترویج توسعه پایدار، نقشی محوری ایفا می‌نمایند. امروزه شهر تهران با جمعیت بیش از ۱۲ میلیون نفر و با گسترش سریع پدیده شهرنشینی، یکی از شهرهای پر جمعیت جهان محسوب می‌شود. با این حال، این شهر همچنان با مشکلاتی همچون آلودگی هوا، کاهش فضای سبز، و کاهش کیفیت زندگی شهروندان روبرو است. در این موقعیت، استفاده از بام‌ها و نماهای سبز به منظور بهبود کیفیت زندگی ساکنان تهران، اهمیت بسیاری دارد، لذا در این راستا اهداف پژوهش به شرح زیر تدقیق گردید.

۱. تدقیق تأثیر بام‌ها و نماهای سبز در ایجاد پایداری در مجتمع‌های مسکونی، با تأکید بر ابعاد زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی
 ۲. تعیین مولفه‌های اثرگذار بر ایجاد پایداری در مجتمع‌های مسکونی
 ۳. ارزیابی و تحلیل دلایل رضایت ساکنین مجتمع‌های مسکونی دارای بام و نمای سبز و بررسی امکان بهبود مستمر کیفیت زندگی بر اساس ایجاد پایداری و توسعه فضای سبز.
- از این رو، در این پژوهش به بررسی نقش بام‌ها و نماهای سبز در پایداری مجتمع‌های مسکونی پرداخته شده است.

¹ Urban Heat Island

² www.amar.thmporg.ir

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

مطالعات اخیر در زمینه شهرسازی و معماری نشان می‌دهند که استفاده از سیستم‌های سبز در ساختمان‌ها، به عنوان یک رویکرد پایدار و محیط‌زیستی، می‌تواند تأثیر مثبتی بر کیفیت زندگی ساکنان و پایداری محیط زیست داشته باشد. بام‌ها و نماهای سبز به عنوان فضاهایی برای جذب دی‌اکسید کربن، تولید اکسیژن، ایجاد کنترل حرارتی و عایق حرارتی برای ساختمان‌ها و همچنین ارتقاء کیفیت هوای داخلی محیط‌های مسکونی شناخته شده‌اند.

جدول ۱- نتایج پژوهش‌های اخیر

عنوان پژوهش	نویسنده/نویسندگان	محل انتشار	نتایج پژوهش	سال انتشار
پژوهشگران خارجی				
ارزیابی تأثیر نماهای سبز بر کاهش انعکاس نور در شهرها	Garcia & Kim	Journal of Environmental Management	نماهای سبز می‌توانند به طور معناداری انعکاس نور را در شهرها کاهش داده و از افزایش آلودگی نوری جلوگیری کنند. این پژوهش بیان می‌کند، استفاده از نماهای سبز می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی در شهرها کمک کند و محیط زیست را حفظ کند.	۲۰۲۳
ارزیابی مقایسه‌ای تأثیر بام‌های سبز و پوشش‌های سنتی بر کیفیت هوا در مناطق شهری	Johnson & Lee	Atmospheric Environment	استفاده از بام‌های سبز باعث بهبود کیفیت هوای شهری و کاهش آلودگی هوا می‌شود. این پژوهش بیان می‌کند، بام‌های سبز می‌توانند به عنوان یک راهکار موثر در مقابله با آلودگی هوا در شهرها مورد استفاده قرار گیرند.	۲۰۲۲
تأثیر بام‌های سبز بر کاهش گرمایش جهانی و افزایش پایداری زیست‌محیطی	Smith et al	Environmental Science & Technology	بام‌های سبز می‌توانند به طور قابل توجهی در کاهش گرمایش جهانی و افزایش پایداری زیست‌محیطی کمک کنند. این امر به عنوان یک راه‌حل موثر برای مقابله با تغییرات اقلیمی در نظر گرفته می‌شود.	۲۰۲۱
پژوهشگران داخلی				
نوآوری‌ها و فناوری‌های بام سبز با تأکید بر منطقه یک تهران	خالدی و همکاران	نشریه آمایش محیط	برنامه‌ریزی برای شبکه‌های طبیعی و نیمه طبیعی شهری که شامل سیستم بام سبز که دارای نوآوری لازم به منظور اتصال به محیط‌های طبیعی شهری می‌باشد، باعث کارآمدی بام سبز در تبدیل شهر به اکوسیستم‌های قابل سکونت و توانمندی آن در سازگاری با تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود.	۱۴۰۱
بررسی تأثیر بام‌های سبز بر بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری، نمونه موردی: کلانشهر مشهد	حاتمی نژاد و همکاران	نشریه جغرافیدانان	احداث بام‌ها و نماهای سبز موجب بهبود کیفیت محیط زندگی شهروندان است و تأثیر آن‌ها بر بهبود شاخص‌های زیبایی‌شناختی، کالبدی، اقتصادی در کنار شاخص‌های زیست‌محیطی از اهمیت بسیاری برخوردار است.	۱۴۰۰
نقش بام و نماهای سبز از منظر پدافند غیرعامل نمونه موردی: نقش بدنه‌های سبز در شهر تهران	صفوی	نشریه معماری و شهرسازی پایدار	بام‌ها و نماهای سبز با داشتن CCD کنترل و کاهش مصرف انرژی، بهبود کیفیت هوا (تا حدود ۸۵٪ ذرات گرد و غبار می‌تواند تصفیه شود)، ایجاد هوای معتدل و رطوبت بیشتر از طریق تبخیر در سطح شهر، جمع‌آوری ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بارش سالانه از طریق زهکشی، ایجاد مناظر زیبای شهری، کاهش نیاز به شیوه‌های مدیریتی فاضلاب و... می‌تواند به پایداری معماری و شهرسازی بیانجامد.	۱۳۹۲

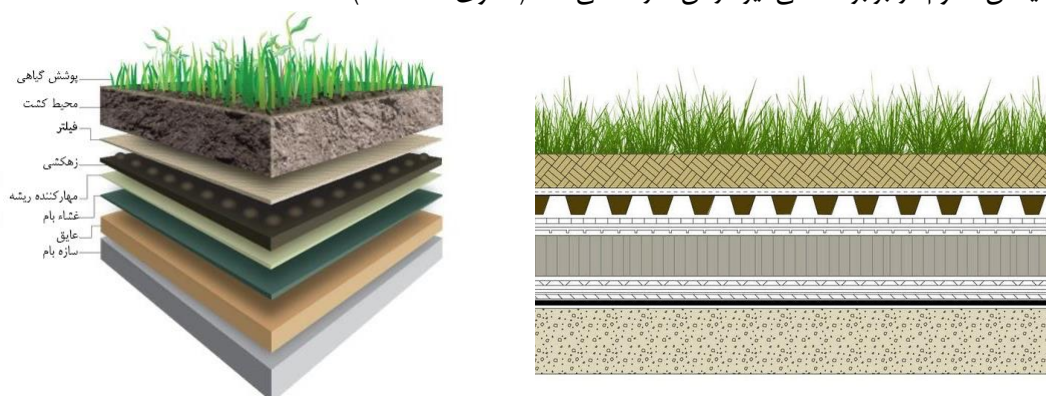
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته (جدول ۱)، بام‌ها و نماهای سبز به عنوان راه‌حلی پایدار می‌توانند تأثیرات مثبتی بر کیفیت زندگی ساکنان و محیط زیست داشته باشند. این سیستم‌ها باعث کاهش انعکاس نور، بهبود کیفیت هوای شهری، کاهش آلودگی هوا، کاهش گرمایش جهانی و افزایش پایداری زیست‌محیطی می‌شوند. همچنین، نوآوری و فناوری‌های بام سبز می‌توانند شهرها

را به اکوسیستم‌های قابل سکونت تبدیل کرده و کیفیت محیط زندگی شهروندان را از جنبه‌های زیبایی‌شناختی، کالبدی، اقتصادی و زیست‌محیطی بهبود بخشند. این پژوهش به‌طور جامع و با تأکید بر نوآوری‌های جدید، تأثیرات محیطی، اقتصادی، اجتماعی و روانشناختی بام‌ها و نماهای سبز را بررسی می‌کند، و به‌طور ویژه‌ای به بررسی این تأثیرات در مجتمع‌های مسکونی می‌پردازد و راهکارهای عملی برای اجرای مؤثر آن‌ها ارائه می‌دهد.

بام سبز

بام سبز (GR)^۱ که باغ بام، بام‌گیاهی و بام زیستی نامیده می‌شود. سیستمی مهندسی‌ساز می‌باشد که، رشد گیاهان را در بام میسر ساخته و از بام محافظت می‌نماید (صفوی، ۱۳۹۲، ۳۰). این بام‌ها اکوسیستم‌های مصنوعی هستند که یک راه‌حل مبتنی بر طبیعت برای چالش‌های محیطی نظیر: تغییرات اقلیمی و جزایر حرارتی شهری فراهم می‌کنند. بام‌های سبز به حفظ انرژی سرمایش و گرمایش کمک می‌کنند؛ ذرات معلق را رسوب داده و آلودگی هوا را کاهش می‌دهند؛ کنترل رواناب و آلودگی آب را ممکن می‌سازند؛ تنوع زیستی را ترویج می‌کنند؛ و فواید زیبایی‌شناختی و سلامتی فراهم می‌کنند (Mihalakakou, 2023:1). بام‌های سبز یک سطح زنده از گیاهان رویشی در لایه خاک بر بام هستند به گونه‌ای که لایه‌ای خاک کم عمق یا ضخیم همراه با پوشش لایه زیرین خاک، که در برخی موارد این پوشش همراه با حفاظ ریشه‌ای و اغلب با یک لایه زهکش در زیر آن همراه است، عموماً گونه‌های گیاهان مقاوم در برابر خشکی نیز در آن‌ها رشد می‌کنند (صفوی، ۱۳۹۲، ۳۰).



شکل ۱- جزئیات بام سبز

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

باغ‌های معلق بابل از ۶۰۰ سال پیش از میلاد در منطقه بین‌النهرین نمونه‌ای از نخستین بام‌ها و نماهای سبز بوده‌اند. این باغ‌ها اثر خنک‌کنندگی را در اقلیم گرم و خشک غرب آسیا فراهم می‌کردند. در اروپا نیز در دوره وایکینگ‌ها (۱۰۰۰-۸۰۰ میلادی)، از سقف‌های خاکی، چمن و دیواره‌های پوشیده از جلبک به منظور عایق‌کاری در برابر سرما و گرما استفاده شده است. (Hopkins & Goodwin, 2011:3) رومی‌ها نیز، در قسمت‌های فوقانی بناهای ملی و آرامگاه‌های آگستوس و و هادریان از درختان استفاده می‌کرده‌اند (صفوی، ۱۳۹۲، ۳۱). در دوره رنسانس، باغ‌های تراس مانند شیب دار و بام‌های سبز در شهر جنوا رایج بودند (Gorse, 1983). در روسیه نیز در قرن ۱۷ میلادی باغ‌های وارونه در کرملین مورد توجه بوده‌اند، همچنین در قرن بیستم، در شهرهایی چون تفلیس، تاشکند، دوشنبه و حتی در فرودگاه سنت‌پترزبورگ بام‌های سبز و باغ‌های عمودی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Titova, 1990). در دوران معاصر لوکربوزیه، نخستین فرد در قرن بیستم بوده است، که بام‌های سبز را مجدداً به کار گرفته است. (طوفان، ۱۳۸۸) امروزه در آمریکای شمالی، بام‌ها و نماهای سبز در بسیاری از شهرها همچون: تورنتو، ونکوور، شیکاگو، بوستون و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شرق آسیا و در کشورهایی نظیر سنگاپور و ژاپن نیز از فناوری بام‌ها و نماهای سبز استفاده می‌شود. (Hopkins & Goodwin, 2011:4). در ایران نیز با توجه به پیشینه تاریخی استفاده از خشت و گل در معماری ایران، پوشش خزه و گل‌سنگ و انواع گیاهان علفی روی بام بناهای مناطق مختلف کشور چون آذربایجان، گیلان و مازندران، بام‌های خانه‌های کوهستانی و روستاها استفاده می‌شده است که نمونه بارز آن خانه‌های روستای ماسوله است که در آن بام خانه‌های پایین‌تر به عنوان حیاط خانه‌های بالایی عمل می‌کنند (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۰، ۹۱).

^۱ Green Roof

جدول ۲- بام سبز از دیدگاه نظریه پردازان

ردیف	نظریه پرداز	نظریه	سال
۱	Friedrich Bettermann Bochert	استفاده از گیاهان روی بام‌ها را برای جلوگیری از نفوذ رطوبت و عایق حرارتی مطرح کرد.	۱۹۴۲
۲	Heinz Lehnhardt	بام‌های سبز می‌توانند به عنوان فضای سبز اضافی برای ساکنان شهرها در نظر گرفته شوند.	۱۹۶۰
۳	Robert Sommerfeldt	بام‌های سبز می‌توانند با جذب گازهای گلخانه‌ای و تولید اکسیژن، هوای پاک تری را در شهرها فراهم کنند.	۱۹۷۵
۴	William McDonough	بر نظریه طراحی زیستگاه‌های مصنوعی برای جانوران و گیاهان از طریق بام‌های سبز تأکید کرد و آن را گامی در جهت معماری سازگار با طبیعت دانست.	۱۹۹۲
۵	Charlene LeFevre	نظریه کاربرد بام‌های سبز به عنوان بخشی از تلاش برای ایجاد "شهرهای زیستی" با فضای سبز گسترده را مطرح کرد.	۱۹۹۵
۶	Norbert Kutz	نظریه تلفیق بام‌های سبز با معماری مدرن برای افزایش پایداری شهری را مطرح نمود.	۲۰۰۱
۷	Norman Foster	بام‌های سبز نقش مهمی در کاهش ردپای کربن ساختمان‌ها و افزایش پایداری شهری دارند.	۲۰۰۴
۸	Ar'ene Ashar	بر ادغام هوش مصنوعی و فناوری‌های پیشرفته با بام‌های سبز برای افزایش کارایی آن‌ها تأکید کرده است.	۲۰۲۰
۹	Veronica Raby	بام‌های سبز باید به گونه‌ای طراحی شوند که فضای کافی برای فعالیت‌های اجتماعی و تعامل انسانی داشته باشند.	۲۰۲۱
۱۰	Dennis Wong	نظریه "برنامه ریزی فراگیر بام‌های سبز" را مطرح کرد، براساس آن بام‌های سبز به صورت یکپارچه و در سطح شهری و کلان برای دستیابی به تأثیرات مثبت مورد استفاده قرار گیرند.	۲۰۲۲

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

بام‌های سبز در انواع ساختمان‌های صنعتی و مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. و با توجه به نوع کاربرد، می‌توانند از نوع ساده که شامل لایه‌ای از گیاهان پوششی و یا باغ‌هایی متشکل از درخت و درختچه باشند. بام‌های گسترده که از لایه‌ی نازکی از گیاهان تشکیل شده است، و بام‌های متمرکز یا فشرده، که شامل درختان و درختچه‌های کوچک اند، نیز انواع دیگر بام‌های سبز به شمار می‌روند (خالدی و همکاران، ۱۳۹۶، ۱۴۰۱).

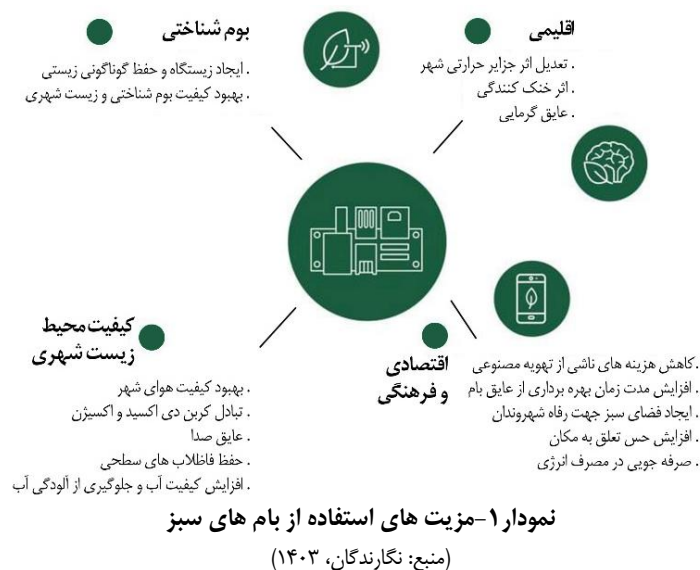
جدول ۳- انواع بام‌های سبز

بام‌های ساده با تنوع زیستی	بام‌های سبز گسترده	بام‌های سبز فشرده
		

(Manzer, 2017: 65)

در بام‌های سبز فشرده (جدول ۳) گونه‌های گیاهی عموماً به دلایل زیبایی‌شناختی انتخاب می‌شوند. آن‌ها در بسترهای مهندسی شده با مواد آلی کاشته می‌شوند. عمق آن‌ها ۱۵۰ میلی‌متر یا کمتر می‌باشد. بام‌های سبز گسترده کاشته شده‌اند و نیازی به نگهداری بیشتری ندارند. انتخاب گیاه برای بام‌های سبز گسترده باید بر اساس گیاهان بومی آن منطقه باشد تا در اقلیم‌های خاص بدون نگهداری بقای خود را حفظ کند. آن‌ها در بسترهای مهندسی شده با مواد آلی کاشته می‌شوند و عمق آن‌ها ۱۵۰ میلی‌متر یا بیشتر است. بام‌های سبز ساده نیز، به کمترین میزان نگهداری نیاز دارند و از تنوع زیستی بالایی برخوردارند. گیاهان آن‌ها بومی منطقه هستند و قادرند، بدون تعامل انسانی جوانه بزنند و رشد نمایند. عمق این بام‌ها ۶۰۰ میلی‌متر یا بیشتر است. نگهداری از بام‌های سبز باید در طراحی سیستم‌های قبل از اجرا در نظر گرفته شود، سیستم‌های آب و کود مختص بام‌ها نیاز به نظارت ویژه‌ای دارند و می‌توان با نصب دستگاه‌های کنترل کننده، در صورت بروز مشکل به منظور تعمیر و نگهداری به پیمانکاران هشدار دهند. آبیاری، جوانه زنی بذر در هوا و دسترسی به بام‌های سبز برای نگهداری امری ضروری است (Hopkins & Goodwin, 2011:5).

بام‌های سبز به عنوان بخشی از زیر ساخت‌های شهری، به جهت برخوردار بودن از مزایای محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی در برنامه‌های شهری بر پایه اکوسیستم^۱، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Geneletti & Zardo, 2016:5).



نما سبز

نما سبز (GF) به نوعی از سیستم‌های ساختمانی گفته می‌شود که از پوشش‌های گیاهی برای پوشاندن دیوارها استفاده می‌کند. این سیستم‌ها علاوه بر زیباتر کردن ساختمان، مزایای زیادی از نظر محیط‌زیستی و انرژی دارند. نماهای سبز به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: سیستم‌های طبیعی و سیستم‌های مصنوعی. سیستم‌های طبیعی، شامل گیاهانی است که به صورت طبیعی روی سطح دیوار یا بام رشد می‌کنند. گیاهانی مانند پیچک، انگور و سایر گیاهان بالارونده که با کمک سازه‌های پشتیبانی یا بدون آن به سمت بالا رشد می‌کنند. سیستم‌های مصنوعی، از تکنولوژی‌های خاص و سازه‌های مصنوعی برای رشد و نگهداری گیاهان استفاده می‌کنند. مانند دیوارهای زنده که شامل جعبه‌ها یا کیسه‌های مخصوص حاوی خاک و گیاهان هستند که به دیوار نصب می‌شوند (Wong et al., 2010:20).

جدول ۴- انواع نمای سبز

نمای سبز مصنوعی	نمای سبز طبیعی و زنده خود رو
	

(Manso & Gomez, 2014: 865)

نمای سبز، به عنوان یک فناوری نوین در معماری پایدار، دارای تاریخچه‌ای غنی و سیر تحولی گسترده است که از دوران باستان تا به امروز مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنولوژی در طول زمان به منظور بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری و افزایش پایداری ساختمان‌ها تکامل یافته است. در قرون وسطی، استفاده از دیوارهای سبز در باغ‌های محصور و قلعه‌ها رایج بود. در دوره

¹ Ecosystem-Based Adaptation

² Green Facade

³ Living Walls

رسانس، ایده باغ‌های عمودی و دیوارهای سبز در طراحی باغ‌های بزرگ و منازل اشرافی اروپا محبوب شد (Dunnett et al, 2008). تحول در نحوه استفاده از گیاهان برای پوشاندن نمای ساختمان‌ها به قرن ۱۹ میلادی در اروپا بازمی‌گردد. با این حال، استفاده از این فناوری به طور گسترده و حرفه‌ای در معماری مدرن، از اواخر قرن ۲۰ آغاز شد. در اوایل قرن نوزدهم، برخی از ساختمان‌های قدیمی اروپایی با استفاده از گیاهان چادرنشین (vines) پوشانده می‌شدند که بیشتر جنبه زیبایی و تزئینی داشت، و در اواخر قرن نوزدهم تا اوایل قرن بیستم، پیشگامانی مانند پاتریک گدس^۱ در بریتانیا، ایده استفاده از گیاهان برای پوشاندن نمای ساختمان‌ها را به دلایل زیست محیطی مطرح کردند (Geddes, 1915). در اوایل قرن بیستم، با رشد سریع شهرها و افزایش آلودگی هوا، نیاز به فضای سبز در محیط‌های شهری بیشتر احساس شد. در دهه ۱۹۶۰، معمارانی چون لوکوربوزیه به اهمیت نمای سبز در کاهش اثرات جزایر حرارتی شهری و بهبود کیفیت هوای شهری پی بردند (Francis & Lorimer, 2011:37). امروزه نیز نماهای سبز یکی از رویکردهای مهم در معماری پایدار می‌باشند، که در پروژه‌های مختلف مانند مجتمع‌های مسکونی، هتل‌ها و ساختمان‌های اداری و تجاری در سراسر جهان به کار می‌روند (Manso et al., 2021:865).

جدول ۵- نما سبز از دیدگاه نظریه پردازان

ردیف	نظریه پرداز	نظریه	سال
۱	Patrick Geddes	ایده استفاده از گیاهان برای پوشاندن نمای ساختمان‌ها "Cities in Evolution" را به منظور ایجاد شهرهای سالم تر و پایدارتر مطرح کرد. او معتقد بود این رویکرد می‌تواند به کاهش آلودگی، بهبود کیفیت هوا و افزایش سلامت شهروندان کمک کند.	۱۹۱۵
۲	Walter Benz	نظریه "گیاهان دیواری" را ارائه داد. او پیشنهاد کرد از گیاهان برای پوشاندن دیوارهای ساختمان استفاده شود تا علاوه بر زیبایی، مزایای زیست محیطی مانند عایق بندی حرارتی و جذب آلاینده‌ها را نیز داشته باشد.	۱۹۳۷
۳	Le Corbusier	بر اهمیت استفاده از فضای سبز در محیط‌های شهری را برای بهبود کیفیت زندگی و کاهش اثرات جزایر حرارتی شهری تأکید داشت.	۱۹۶۴
۳	Ralf Haker	بر توسعه سیستم‌های پیش ساخته برای نصب گیاهان بر روی نمای ساختمان‌ها، به منظور تسهیل و گسترش در معماری تأکید داشت.	۱۹۸۶
۴	Petter Nixon	بر اهمیت نمای سبز در ایجاد تعادل حرارتی و بهبود کارایی انرژی ساختمان‌ها تأکید دارد. او بر این باور است که نمای سبز می‌تواند به عنوان یک سیستم طبیعی برای کنترل دما و کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها عمل کند.	۲۰۱۰
۵	Angela Perini	بر نقش نمای سبز در افزایش رفاه روانی و زیبایی‌شناسی شهری تأکید دارد. او معتقد است که حضور گیاهان در محیط‌های شهری می‌تواند به کاهش استرس و افزایش حس رفاه و خوشبختی ساکنان کمک کند.	۲۰۱۳
۶	John Smith et al	به بررسی بهینه‌سازی انتخاب گیاهان برای نماهای سبز در شرایط آب و هوایی مختلف پرداخته‌اند. آن‌ها تأکید دارند که استفاده از گونه‌های گیاهی بومی و مقاوم می‌تواند به کاهش مصرف آب و افزایش کارایی نمای سبز در مناطق خشک کمک کند.	۲۰۲۲
۷	Mark Jones et al	به تأثیرات مثبت نمای سبز بر سلامت روانی ساکنان شهر پرداخته‌اند. آن‌ها نشان دادند که حضور گیاهان در محیط‌های شهری می‌تواند به کاهش استرس و اضطراب و افزایش رضایت کلی از زندگی کمک کند.	۲۰۲۳

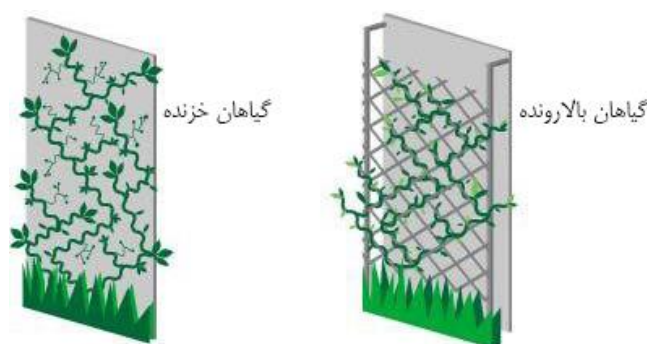
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

استفاده از نمای سبز در ساختمان‌های مسکونی می‌تواند تا ۳۰ درصد از هزینه‌های انرژی برای سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی را کاهش دهد. این کاهش به دلیل عملکرد عایقی گیاهان و تبخیر تعریق است که به خنک‌سازی طبیعی محیط کمک می‌کند (Zhang et al., 2021:9). گیاهان قادر به جذب دی‌اکسید کربن و تولید اکسیژن هستند، همچنین می‌توانند ذرات معلق و آلاینده‌های هوا را جذب کنند، این نماها می‌توانند تا ۴۰ درصد از ذرات معلق موجود در هوا را کاهش دهند (Chen et al., 2022:42). همچنین می‌توانند تأثیرات مثبتی بر سلامت روانی ساکنان شهرها داشته باشند. حضور گیاهان در محیط‌های شهری

^۱ Patrick Geddes

می‌تواند استرس و اضطراب را کاهش دهد و احساس رفاه و خوشبختی را افزایش دهد (Jones et al., 2023:75). این سیستم‌ها به عنوان زیستگاه‌های جدید برای گونه‌های گیاهی و جانوری عمل می‌کنند، و می‌توانند به حفاظت از گونه‌های در حال انقراض کمک نمایند، و موجب ایجاد یک اکوسیستم پایدارتر شوند (Smith et al., 2022:301). از جمله چالش‌های استفاده از این نماها، می‌توان به نیاز به نگهداری مداوم، هزینه‌های اولیه بالا و محدودیت‌های اقلیمی اشاره کرد. استفاده از سیستم‌های آبیاری خودکار و گیاهان مقاوم به شرایط محیطی می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی نمای سبز کمک نماید (Johnson et al., 2022). انتخاب گیاهان برای نمای سبز باید با توجه به شرایط اقلیمی، نیازهای آبیاری، و میزان نور موجود انجام شود. گیاهان مورد استفاده در نماهای سبز به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

گیاهان خزنده^۱: این گیاهان به طور طبیعی به بالا می‌خزند و می‌توانند به سرعت دیوارها را پوشش دهند. از جمله این گیاهان می‌توان به پیچک و گل ساعتی اشاره کرد (Smith et al., 2022).
گیاهان بالارونده^۲: این گیاهان نیاز به تکیه‌گاه دارند و می‌توانند به کمک شبکه‌ها و سیم‌ها به دیوار متصل شوند. نمونه‌هایی از این گیاهان شامل وینکا و گل یاس هستند (Johnson et al., 2022:207).



شکل ۲- انواع گیاهان در نماهای سبز

(منبع: نگارنگان، ۱۴۰۳)

نماهای سبز به دلیل نقش موثر در رسیدن به پایداری شهری از شهرت ویژه‌ای برخوردارند. از جمله مزایای این نماها می‌توان به ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی اشاره نمود، که برخی از فواید برای طیف وسیعی از عموم مردم و در سطح شهر تدارک دیده شده و برخی از فواید تنها برای ساکنین و مالکین ساختمان‌ها تدارک دیده شده است. نماهای سبز عمودی اجازه کسب فواید اکولوژیکی و محیطی و افزایش تنوع زیستی را در کنار فواید اجتماعی و زیبایی‌شناسی را می‌دهند.

بعد زیست محیطی	اکولوژیکی/محیطی	-افزایش پوشش گیاهی و فضای سبز -افزایش تنوع زیستی -کاهش آلودگی هوا -کاهش اثر جزایر گرمای شهری -کاهش اثر گازه‌های گلخانه‌ای -کاهش آلودگی صوتی	
	آسایش حرارتی/اجتماعی	-برقراری آسایش در داخل و خارج ساختمان -افزایش تعاملات اجتماعی -افزایش ارزش زیبایی شناختی -افزایش تبخیر و تعرق -ایجاد سرمایش تبخیری -عایق بندی ساختمان‌ها	
بعد اقتصادی	پیشرفت اقتصادی	-صرف جوی در مصرف انرژی -کاهش هزینه جهت سرمایش و گرمایش -کاهش هزینه زهکشی -افزایش ارزش املاک	

نمودار ۲- فواید استفاده از انواع نماهای سبز

(منبع: نگارنگان، ۱۴۰۳)

¹ Climbing Plants

² Trellis Plants

پایداری

فعل Sustain از ریشه لاتین Sustinere و از دو جزء sub (به معنای از پایین به بالا) و Tenere (به معنای نگه داشتن، حفظ کردن) تشکیل شده است و از سال ۱۹۲۰ میلادی در زبان انگلیسی به کار گرفته شده است. این فعل با مفاهیمی مانند: حمایت، پشتیبانی و تداوم، آمیخته شده است و لغت sustainable نیز به معنای شرایط و حالت به کار می رود (Oxford, 1996). در لغت نامه دهخدا نیز، پایداری به معنای با دوام و ماندنی آورده شده است (دهخدا، ۱۳۸۷: ۴۷). پایداری^۱ به معنای توانایی حفظ و نگهداری منابع و سیستم‌های طبیعی و انسانی به گونه‌ای است که نیازهای فعلی را برآورده کند، بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهای خود را به خطر بیندازد. نخستین ایده‌ها و مفاهیم مرتبط با پایداری و توسعه پایدار در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ توسط محیط‌زیست‌گرایان و فعالان اجتماعی ارائه شد. این افراد به مسائلی مانند آلودگی هوا و آب، انتشار گازهای گلخانه‌ای، و خرابکاری محیط‌زیست توجه ویژه‌ای داشتند. این مفهوم برای نخستین بار در گزارش برانتلند کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه سازمان ملل در سال ۱۹۸۷ مطرح شد، و پس از آن، در زمینه‌های مختلف از جمله معماری، شهرسازی، کشاورزی و سیاست‌گذاری مورد توجه قرار گرفته است (WCED, 1987). در دهه ۱۹۹۰، مصوبات بین‌المللی مانند اجلاس جهانی زیست‌محیطی در ریو و برنامه عمل ۲۱ بر توسعه پایدار تأکید کردند. از سال ۲۰۰۰ به بعد، با پیشرفت فناوری‌های پایدار مانند انرژی تجدیدپذیر، توسعه پایدار به عنوان یک هدف کلان جهانی مطرح شد و اهداف توسعه پایدار ملی در سال ۲۰۱۵ توسط سازمان ملل متحد مطرح و تأیید شدند، تا در دهه‌های آینده به تلاش‌های بیشتر و کارآمدتر برای حفظ منابع و محیط‌زیست جهانی منجر شود (Grober, 2018).

جدول ۶- پایداری از دیدگاه نظریه پردازان

ردیف	نظریه پرداز	نظریه	سال
۱	Brundtland Report	نظریه «توسعه پایدار» را به عنوان توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر را برآورده کند بدون اینکه توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهایشان به خطر بیفتد، تعریف کرد.	۱۹۸۷
۲	Robert Bullard	در نظریه «عدالت زیست‌محیطی» بر اهمیت عدالت زیست‌محیطی تأکید دارد و اظهار داشت، اثرات منفی زیست‌محیطی نباید به صورت نامتناسب بر گروه‌های محروم و جوامع اقلیت تحمیل شود.	۱۹۹۰
۳	Herman Daly	در نظریه «سرمایه طبیعی» که منابع طبیعی و خدمات اکوسیستمی باید به عنوان سرمایه طبیعی در نظر گرفته شوند و بهره‌برداری از آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که پایداری آن‌ها حفظ شود.	۱۹۹۶
۴	John Elkington	در نظریه «سه گانه پایداری» مفهوم پایداری را به سه بعد اصلی اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تقسیم کرد و تأکید کرد که کسب و کارها باید این سه بعد را به طور همزمان مدنظر قرار دهند.	۱۹۹۷
۵	Brian Walker	نظریه «پایداری سیستم‌های پیچیده» بر تعاملات پیچیده بین اجزای مختلف سیستم‌های زیستی و انسانی تأکید دارد و به دنبال درک بهتر مقاومت و تاب‌آوری سیستم‌ها در مواجهه با تغییرات است.	۲۰۰۴
۶	Michael Batty	نظریه «مقاومت شهری» بر اهمیت افزایش مقاومت شهری در برابر تغییرات اقلیمی و سایر بحران‌ها تأکید دارد. این نظریه به دنبال ایجاد شهرهایی است که بتوانند در برابر شوک‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی مقاومت کنند و به سرعت به حالت عادی بازگردند.	۲۰۱۳
۷	John Raven	نظریه «اکوسیستم‌های نوآوری پایدار» بر اهمیت ایجاد اکوسیستم‌های نوآوری که به پایداری کمک می‌کنند تأکید دارد. آن‌ها بیان می‌کنند که همکاری بین دولت، صنعت، و دانشگاه‌ها می‌تواند منجر به نوآوری‌های پایدار و ایجاد ارزش بلندمدت شود.	۲۰۲۰
۸	Elena Corrado	نظریه «پایداری شهری هوشمند» به بررسی نقش فناوری‌های هوشمند در ارتقای پایداری شهری می‌پردازد. این نظریه به کارگیری اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ و سیستم‌های هوشمند برای مدیریت کارآمد منابع شهری و کاهش آلودگی را مورد توجه قرار می‌دهد.	۲۰۲۳

¹ Sustainability

² Sustainable Development

³ Environmental Justice

⁴ Natural Capital

⁵ Triple Bottom Line

⁶ Complex Systems Sustainability

⁷ Urban Resilience

⁸ Sustainable Innovation Ecosystems

⁹ Smart Urban Sustainability

ردیف	نظریه پرداز	نظریه	سال
۹	Marzocchi Annalisa	نظریه «تاب‌آوری زیست‌محیطی» بر افزایش تاب‌آوری زیست‌محیطی جوامع در مواجهه با تغییرات اقلیمی و بلایای طبیعی تأکید دارند. این نظریه به استراتژی‌های مختلفی مانند مدیریت پایدار منابع و استفاده از فناوری‌های نوین برای افزایش تاب‌آوری می‌پردازد.	۲۰۲۳

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

پایداری در سه بعد اصلی اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تعریف می‌شود و تلاش دارد تا تعادلی میان این ابعاد ایجاد کند: بعد زیست‌محیطی: بر حفظ سیستم‌های زیستی، مدیریت منابع طبیعی و کاهش آلودگی و اثرات مخرب زیست‌محیطی تمرکز دارد. اقداماتی نظیر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، حفاظت از تنوع زیستی و جلوگیری از تخریب زیستگاه‌ها در این زمینه قرار می‌گیرند (Huang et al., 2022:1175).

بعد اقتصادی: در این بعد، رشد اقتصادی باید به گونه‌ای باشد که منابع را به صورت کارآمد و عادلانه توزیع کند و خسارات زیست‌محیطی را به حداقل برساند، که شامل سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، اقتصاد چرخشی، تجارت عادلانه و اشتغال زایی پایدار است (Schmalz, 2022:20).

بعد اجتماعی: در این بعد، دسترسی عادلانه به امکانات و خدمات اساسی مانند آموزش، بهداشت، مسکن و امنیت غذایی برای همه افراد جامعه مدنظر است. همچنین به مواردی مانند عدالت، برابری، مشارکت مردم در تصمیم‌گیری‌ها و حفظ تنوع فرهنگی توجه می‌شود (Littig & Griessler, 2022:373). در نهایت این سه بعد باید به صورت یکپارچه و هماهنگ مورد توجه قرار گیرند تا بتوان به مفهوم پایداری دست یافت (Spies et al., 2023:146).

توسعه پایدار

توسعه پایدار به معنای توسعه و پیشرفتی است که نیازهای نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهایشان، برآورده می‌سازد. این مفهوم سه رکن اصلی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در بر می‌گیرد (Lubchenco et al., 2023). توسعه پایدار نه تنها نیازهای نسل حال را برآورده می‌کند، بلکه امکان برآورده شدن نیازهای نسل‌های آینده را نیز حفظ می‌کند. این مفهوم بر ارتباط متقابل بین اقتصاد، اجتماع، و محیط زیست استوار است، و به دنبال ایجاد روندهایی است که باعث تقویت کیفیت زندگی انسان‌ها و حفظ توازن میان نیازهای مختلف اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی می‌شود. (United Nations, 2015)



نمودار ۳- اصول سه گانه توسعه پایدار و زیر مجموعه آن ها

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

¹ Environmental Resilience² Sustainable Development

پایداری و معماری

جنبش پایداری حرکتی نوین در معماری است که اخیراً توجهات زیادی را جلب نموده است و به نظر می‌رسد که در بینش و فلاسفه، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای گسترش یابد. هدف اصلی و محتوای معنوی این جنبش برقراری تعاملی همه جانبه بین انسان، طبیعت و معماری است که البته در این مسیر تکنولوژی به عنوان ابزار اصلی برقرارکننده این ارتباط معرفی به کار می‌رود. این جنبش ادامه و فرم تکوین یافته سبک های تک و سپس اکوتک در سال ۱۹۷۲ میلادی است که با بینشی مثبت‌گرا نسبت به تکنولوژی و به صورت نقدی کالبدی در تقابل با هر نوع اندیشه ای است که تکنولوژی را غایت معماری و ابزاری برای تخریب طبیعت به کار گیرد (احمدی، ۱۳۸۲). معماری و پایداری به هم پیوسته‌اند و در دهه‌های اخیر با توجه به نیازهای محیطی و تغییرات اقلیمی توجه زیادی به خود جلب کرده‌اند. معماری پایدار به طراحی و ساخت بناهایی اشاره دارد که کمترین تأثیر منفی را بر محیط‌زیست دارند و منابع طبیعی را حفظ می‌کنند، در حالی که نیازهای نسل حال و آینده را برآورده می‌سازند. برخی از اصول کلیدی معماری پایدار عبارتند از:

کاهش مصرف انرژی: ساختمان‌های پایدار به گونه‌ای طراحی می‌شوند که مصرف انرژی را به حداقل برسانند. استفاده از مواد با بهره‌وری انرژی بالا، طراحی مناسب جهت بهره‌گیری از نور طبیعی و سیستم‌های تهویه و گرمایش کارآمد از جمله روش‌های کاهش مصرف انرژی هستند (United Nations Environment Programme, 2020).

استفاده از منابع تجدیدپذیر: استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی در طراحی ساختمان‌های پایدار نقش مهمی دارد. این منابع نه تنها به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کنند، بلکه باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز می‌شوند (World Green Building Council, 2021).

مدیریت منابع آب: معماری پایدار به مدیریت کارآمد منابع آب نیز توجه دارد. استفاده از سیستم‌های بازیافت آب، جمع‌آوری آب باران، و طراحی منظره‌های کم آب‌بر از جمله روش‌های موثر در حفظ منابع آب هستند (UNEP, 2020). استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست: انتخاب مواد ساختمانی با کمترین اثر زیست‌محیطی یکی دیگر از اصول معماری پایدار است. این مواد باید قابلیت بازیافت داشته باشند و در فرآیند تولید آن‌ها کمترین میزان آلودگی ایجاد شود (WorldGBC, 2021). افزایش کیفیت زندگی: طراحی‌های پایدار با ایجاد فضاهایی سالم‌تر و راحت‌تر، کیفیت زندگی ساکنان را بهبود می‌بخشند. این شامل بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان، افزایش نور طبیعی و فراهم کردن فضاهای سبز است (UNEP, 2020).

پایداری در مجتمع‌های مسکونی

اصول پایداری و توسعه پایدار در مجتمع‌های مسکونی از بعد اجتماعی شامل عدالت، زیباشناسی، رفاه، آسایش، امنیت و رشد کودکان، هویت اجتماعی و سایر مسائل برای ساکنان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (نوبرگ شولتز، ۱۳۸۱). خانه باید بتواند در فضای درونی و بیرونی خود نیازهای گوناگون افراد را، برآورده سازد. توسعه پایدار در مجتمع‌های مسکونی، موجب رضایت ساکنان از زندگی در محیط کالبدی می‌باشد. بنابراین، شرایط موجود، موجب افزایش تعاملات اجتماعی ساکنان، ایجاد حس تعلق و وابستگی و بهبود کیفیت زندگی ساکنان از جهات مختلف، می‌شود. در این صورت عمر مفید مجتمع‌های مسکونی پایدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین ارزش ریالی واحدهای مسکونی اینگونه مجتمع‌ها نیز در شرایط برابر بیشتر از سایر مجتمع‌های مسکونی می‌باشد (قربانی پارام، ۱۴۰۰، ۳۰).

مواد و روش پژوهش

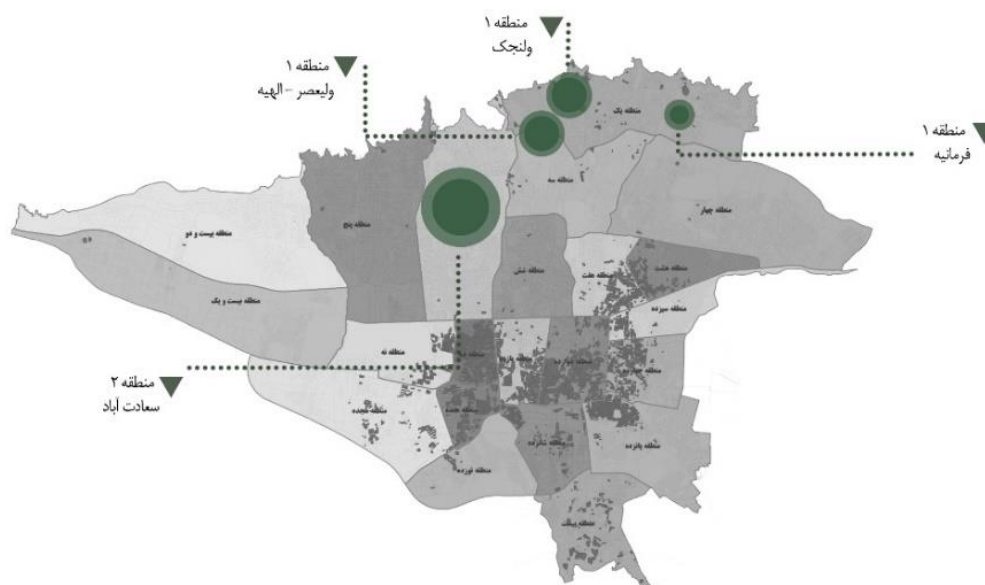
در این پژوهش، به منظور بررسی تأثیر بام‌ها و نماهای سبز بر پایداری مجتمع‌های مسکونی و ارتقای کیفیت فضاهای سکونت، از روش تحقیق ترکیبی استفاده شده است. این روش شامل مطالعات کتابخانه‌ای، تحلیل محتوا، جمع‌آوری داده‌های میدانی از طریق پرسشنامه و مصاحبه، و تحلیل داده‌ها با استفاده از ابزارهای آماری و روش‌های استراتژیک مانند SWOT و QSPM است. ابتدا، برای جمع‌آوری مبانی نظری و چارچوب تحقیق، مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیل محتوای متون علمی مرتبط با طراحی پایدار، بام‌ها و نماهای سبز، و پایداری شهری انجام شده است. در ادامه، نمونه‌هایی از مجتمع‌های مسکونی دارای بام و نماهای سبز و مجتمع‌های

فاقد این ویژگی‌ها به منظور مقایسه انتخاب شده‌اند. دو گروه از مجتمع‌ها شامل دسته‌های مطلوب (با بام و نماهای سبز) و نامطلوب (بدون بام و نماهای سبز) بوده‌اند.

برای ارزیابی تجربی، از پرسشنامه‌ای با ۲۰ سؤال در مقیاس لیکرت استفاده شد که روایی صوری و محتوایی آن توسط متخصصان و کارشناسان حوزه‌ی طراحی پایدار و پایداری شهری بررسی و تأیید گردیده‌است. همچنین، پایایی پرسشنامه با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ محاسبه و تأیید شده‌است (جدول ۸). نمونه‌گیری به کمک فرمول کوکران صورت گرفته و ۵۳ نفر از ساکنان به‌عنوان نمونه انتخاب شده‌اند. همچنین، مصاحبه‌های میدانی برای درک عمیق‌تر از نگرش‌ها و تجربیات ساکنان انجام شده‌است. داده‌های جمع‌آوری شده ابتدا با استفاده از آمار توصیفی تحلیل شده‌اند و سپس به کمک نرم‌افزار SPSS برای تحلیل استنباطی و بررسی ارتباط میان بام‌ها و نماهای سبز و بهبود کیفیت محیطی و پایداری پردازش گردیده‌اند. نتایج این تحلیل‌ها نشان‌دهنده‌ی همگرایی یافته‌ها با مطالعات پیشین در حوزه‌ی پایداری شهری و طراحی محیطی است، که اعتبار علمی پژوهش را تقویت می‌کند. به منظور تحلیل راهبردی، از "روش SWOT" جهت شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدات مرتبط با پیاده‌سازی بام‌ها و نماهای سبز استفاده شده‌است. در ادامه، به منظور اولویت‌بندی راهبردهای بهینه، از "ماتریس QSPM" استفاده گردید تا بر اساس وزن‌دهی به عوامل SWOT، بهترین راهکارها برای طراحی و اجرای بام‌ها و نماهای سبز انتخاب شود. این روش‌ها به تحلیل جامع‌تری از مزایا و چالش‌های پیاده‌سازی این سیستم‌ها در فضاهای مسکونی کمک کرده و منجر به ارائه راهکارهای مؤثری برای بهینه‌سازی طراحی و اجرای این فناوری‌ها می‌شوند.

محدوده مورد مطالعه

شهر تهران، در ۵۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته‌است و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. این شهر در پهنه‌های بین دو ناحیه کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده‌است، که از سمت جنوب به کوه‌های ری و بی‌بی شهربانو و دشت‌های هموار شهریار و ورامین و از شمال به واسطه کوهستان محصور شده‌است. این شهر بر اساس آخرین تقسیمات قانونی به ۲۲ منطقه تقسیم شده‌است (قرائی و همکاران، ۱۳۹۷، ۸۵). در این قسمت به بررسی نقش بام‌ها و نماهای سبز در پایداری مجتمع‌های مسکونی مذکور پرداخته شده‌است (جدول ۷).



شکل ۳- محدوده مورد پژوهش

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

^۱ Quantitative Strategic Planning Matrix

جدول ۷- مشخصات نمونه مجتمع‌های مسکونی

ردیف	عنوان مجتمع	سال ساخت	متراژ	محدوده ساخت	بام/نمای سبز	تصویر
۱	بوتیک	۱۴۰۰	۱۰۰۰	ولنجک	دارد	 شکل ۴- مجتمع مسکونی بوتیک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)
۲	نسرین	۱۳۹۶	۸۰۰	فرمانیه	دارد	 شکل ۵- مجتمع مسکونی نسرین (منبع: www.nextoffice.ir)
۳	کامران	۱۴۰۰	۱۲۵۶	الهیه	ندارد	 شکل ۶- مجتمع مسکونی کامران (منبع: www.caoi.ir)
۴	زیما	۱۳۹۷	۱۳۰۰	سعادت آباد	ندارد	 شکل ۷- مجتمع مسکونی زیما (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

بحث و ارائه یافته‌ها

در پژوهش حاضر، ارزیابی میزان رضایت ساکنین مجتمع‌های مسکونی و تاثیر بام‌ها نماهای سبز در پایداری از دیدگاه ساکنین مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس پرسشنامه ای شامل ۲۰ سوال، به منظور بررسی تاثیر بام‌ها و نماهای سبز در کاهش مصرف انرژی، کاهش دما ساختمان، بهبود کیفیت هوا، کاهش آلودگی صوتی، بهبود سلامت روانی، افزایش تعاملات اجتماعی و افزایش ارزش املاک، تدوین گردیده است. بر این اساس ۶۷,۹٪ پاسخ‌دهندگان خانم و ۳۲,۱٪ آقایان بوده‌اند.

جدول ۸- ارزیابی روایی همگرایی، آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی مقیاس‌های مختلف پایداری

متغیر	مولفه‌ها	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی (CR)	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)
فناوری سبز	پایداری محیطی	۰,۸۵	۰,۸۸	۰,۶۳
	پایداری اقتصادی	۰,۸۱	۰,۸۴	۰,۵۹
	پایداری اجتماعی	۰,۷۸	۰,۸۲	۰,۵۶

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۹- مشخصات شرکت کنندگان در پژوهش

شرکت کنندگان					
عنوان	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی معتبر	درصد فراوانی تجمعی	داده معتبر
زن	۳۶	۶۷,۹	۶۷,۹	۶۷,۹	
مرد	۱۷	۳۲,۱	۳۲,۱	۱۰۰,۰	
جمع	۵۳	۱۰۰,۰	۱۰۰,۰		

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۱۰- توزیع فراوانی پاسخ‌های پرسشنامه بر اساس گویه‌ها و گزینه‌ها

ردیف	گویه	کاملاً موافقم	موافقم	متوسط	مخالفم	کاملاً مخالفم	جمع کل
۱	رضایت از بام سبز	۴	۴۰	۶	۲	۰	۵۳
۲	تأثیر بام سبز بر تعاملات اجتماعی	۴۶	۰	۱	۶	۰	۵۳
۳	تأثیر بام سبز بر ارزش ملک	۱۷	۲۰	۱۵	۱	۰	۵۳
۴	تأثیر بام سبز بر سلامت روان	۳۸	۶	۴	۰	۲	۵۳
۵	تأثیر بام سبز بر بهبود کیفیت هوا	۱۲	۳۰	۴	۶	۰	۵۳
۶	تأثیر بام سبز بر کاهش مصرف انرژی	۸	۸	۳۲	۳	۲	۵۳
۷	تأثیر بام سبز بر کاهش دمای داخلی ساختمان	۲۳	۴	۲۵	۱	۰	۵۳
۸	تأثیر بام و نمای سبز بر زیبایی ساختمان	۱۲	۳۰	۶	۴	۰	۵۳
۹	میزان رضایت از نمای سبز	۸	۲۳	۱۵	۶	۰	۵۳
۱۰	تأثیر نمای سبز بر کاهش آلودگی صوتی	۵	۲۴	۹	۱۴	۰	۵۳
۱۱	تأثیر نمای سبز بر بهبود کیفیت هوا	۱۳	۲۷	۷	۵	۱	۵۳
۱۲	تأثیر نمای سبز بر کاهش مصرف انرژی	۲	۱۶	۲۲	۳	۸	۵۳
۱۳	تأثیر نمای سبز بر کاهش دمای داخلی	۶	۹	۲۵	۷	۶	۵۳

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

براساس بررسی صورت گرفته، مجتمع‌های مسکونی بوتیک و نسرين که در طراحی، از بام و نمای سبز بهره گرفته‌اند، به طور قابل توجهی رضایت ساکنان را افزایش داده‌اند، به گونه‌ای که ۷۷,۴٪ ساکنینی که به پرسشنامه مذکور پاسخ داده‌اند، راضی بوده‌اند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- میزان رضایت ساکنین مجتمع‌های مسکونی

رضایت ساکنین از بام و نمای سبز					
عنوان	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی معتبر	درصد فراوانی تجمعی	داده معتبر
بسیار راضی	۴	۷,۵	۷,۵	۷,۵	
راضی	۴۱	۷۷,۴	۷۷,۴	۸۴,۹	
متوسط	۶	۱۱,۳	۱۱,۳	۹۶,۲	
ناراضی	۲	۳,۸	۳,۸	۱۰۰,۰	
جمع	۵۳	۱۰۰,۰	۱۰۰,۰		

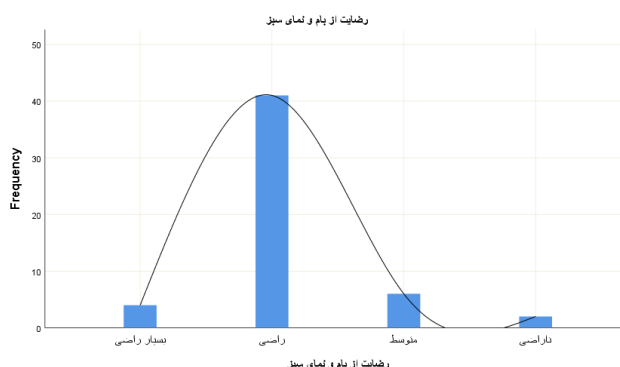
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

تحلیل داده‌های حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که بام‌ها و نماهای سبز نقش کلیدی در پایداری محیطی و ارتقای کیفیت زندگی ساکنان مجتمع‌های مسکونی ایفا می‌کنند. یافته‌ها بیانگر آن است که ۴۷,۲٪ از ساکنان از کاهش دمای داخلی ساختمان‌ها به واسطه بام سبز رضایت دارند و ۶۹,۸٪ تأثیر این فناوری را متوسط ارزیابی کرده‌اند. این امر نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه بام‌های سبز در کاهش اثرات گرمایی است؛ با این حال، می‌توان استنباط کرد که فناوری‌های موجود به‌طور کامل بهره‌برداری نشده‌اند و نیاز به

بهبود در طراحی و اجرای این سیستم‌ها وجود دارد تا تأثیرات آن‌ها به حداکثر برسد. این تحلیل از منظر مدیریت انرژی و کاهش گرمای محیطی اهمیت دارد و پیشنهاد می‌دهد که بهینه‌سازی در این بخش می‌تواند نتایج بهتری به همراه داشته باشد. در زمینه نماهای سبز، یافته‌ها نشان می‌دهد که ۴۹,۱٪ از پاسخ‌دهندگان تأثیر متوسطی را در کاهش دمای داخلی گزارش کرده‌اند و ۴۳,۴٪ معتقدند که نماهای سبز در کاهش مصرف انرژی موثر بوده‌اند. این داده‌ها حاکی از آن است که نماهای سبز به‌عنوان یک راهکار عایقی پتانسیل دارد اما به نظر می‌رسد که تفاوت در ادراک ساکنین از این تأثیر، به عدم شناخت کافی از عملکرد دقیق نماهای سبز یا وجود کاستی‌هایی در طراحی‌های موجود اشاره دارد. این موضوع از منظر پژوهشی می‌تواند فرصتی برای مطالعات عمیق‌تر در مورد تکنیک‌های بهینه‌سازی نماهای سبز فراهم کند.

همچنین، نتایج نشان می‌دهد که ۸۱,۱٪ از ساکنان بام سبز را به‌عنوان راهکاری برای بهبود کیفیت هوا مطرح کرده‌اند و ۸۴,۹٪ از پاسخ‌دهندگان معتقدند که نمای سبز می‌تواند به کاهش آلودگی هوا و صوتی کمک کند (نمودار ۴). این داده‌ها نشان‌دهنده تأثیرات مثبت این فناوری‌ها در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است. تحلیل این بخش بیانگر آن است که سیستم‌های سبز نه تنها بر روی کیفیت هوا تأثیرگذارند بلکه می‌توانند به عنوان راهکاری موثر برای ایجاد فضاهای آرامش‌بخش و عایق صوتی عمل کنند. در نتیجه، این فناوری‌ها پتانسیل بالایی در بهبود سلامت عمومی و کیفیت محیط‌های زندگی دارند.

از بعد اجتماعی نیز، این فناوری‌ها فراتر از بهبود شرایط محیطی عمل می‌کنند و با ایجاد فضاهای تعامل‌پذیر و تقویت ارتباطات اجتماعی، نقش مهمی در ارتقای کیفیت زندگی ساکنین دارند. استفاده از بام‌ها و نماهای سبز نه تنها محیط زیستی پایدارتری ایجاد می‌کند، بلکه به تعاملات اجتماعی در فضای زندگی شهری دامن می‌زند. این ابعاد تحلیلی از یافته‌ها، بر اهمیت این فناوری‌ها در پایداری اجتماعی و محیطی تأکید دارد و نشان می‌دهد که به‌کارگیری این سیستم‌ها نه تنها از دیدگاه زیست‌محیطی، بلکه از منظر اجتماعی نیز می‌تواند نتایج مثبتی به همراه داشته باشد. این بررسی‌ها اهمیت بهینه‌سازی و توسعه سیستم‌های سبز را در معماری و شهرسازی برجسته می‌کنند و تأکید دارند که این رویکردها می‌توانند به طور همزمان در بهبود کیفیت محیط زیست، کاهش مصرف انرژی، و ارتقای تعاملات اجتماعی موثر واقع شوند (نمودار ۵).



نمودار ۴- بررسی میزان رضایت ساکنین از بام و نمای سبز در مجتمع‌های مسکونی
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۱۲- نقاط قوت و ضعف مجتمع‌های مسکونی منتخب

ردیف	عنوان مجتمع	تصویر	نقاط قوت	نقاط ضعف
۱	بوتیک	 شکل ۸- مجتمع مسکونی بوتیک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)	- ایجاد هویت و زیبایی بصری - تبادل کربن دی‌اکسید و اکسیژن - کاهش آلودگی صوتی - ایجاد زیستگاه و بهبود کیفیت بوم‌شناختی - تعدیل اثر جزایر حرارتی شهر - ایجاد تعامل بین ساکنین - افزایش ارزش ملک - کاهش اثر گازهای گلخانه‌ای	- امکان بروز مشکلات فنی - هزینه‌های ناشی از نصب، تعمیر و نگهداری - پیچیدگی در طراحی و اجرا

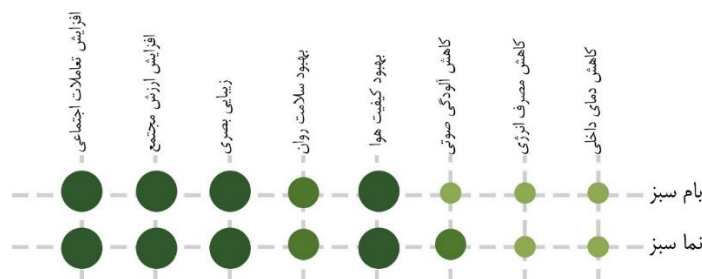
ردیف	عنوان مجتمع	تصویر	نقاط قوت	نقاط ضعف
۲	نسرین	 شکل ۹- مجتمع مسکونی نسرین (منبع: www.nextoffice.ir)	- زیبایی و جذابیت بصری - افزایش تنوع زیستی - عملکرد به عنوان عایق صدا - کاهش اثر جزیره گرمایی شهری - کاهش اثر گازهای گلخانه ای - بهبود کیفیت هوا - افزایش تعاملات ساکنین - افزایش ارزش ملک	- امکان بروز مشکلات فنی - هزینه های ناشی از نصب، تعمیر و نگهداری - پیچیدگی در طراحی و اجرا
۳	کامران	 شکل ۱۰- مجتمع مسکونی کامران (منبع: www.caoui.ir)	- کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری ساختمان - سهولت در نگهداری ساختمان - افزایش سرعت اجرا ساختمان - سادگی در طراحی	- کاهش جذابیت و زیبایی بصری ساختمان - عدم توجه به بعد محیطی - پایداری شهری
۴	زیما	 شکل ۱۱- مجتمع مسکونی زیما (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)	- کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری ساختمان - سهولت در نگهداری ساختمان - افزایش سرعت اجرا ساختمان - سادگی در طراحی	- کاهش جذابیت و زیبایی بصری ساختمان - عدم توجه به بعد محیطی - پایداری شهری

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۱۳- فرصت ها و تهدیدهای مجتمع های مسکونی منتخب

ردیف	عنوان مجتمع	فرصت ها	تهدیدها
۱	بوتیک	- تقاضای بازار برای ساختمان های سبز و پایدار - رشد نگرش های محیطی و اجتماعی نسبت به معماری پایدار - رشد تقاضا برای فضاهای سبز در پروژه های شهری	- نوسانات بازار مواد اولیه و تکنولوژی های سبز - افزایش قیمت انرژی در کوتاه مدت - بحران های اقتصادی و تأثیر منفی بر بودجه های پروژه
۲	نسرین	- علاقه به طراحی هایی که با طبیعت هم راستا هستند - افزایش آگاهی عمومی درباره معماری پایدار - سیاست های حمایتی از ساختمان های سبز و پایدار	- تحریم ها یا محدودیت های واردات مصالح خاص - چالش های اجرایی در مناطق با اقلیم های خاص - مقاومت جامعه محلی در پذیرش تغییرات
۳	کامران	- تقاضا برای ساختمان های با کیفیت و کم مصرف - افزایش رقابت در بازار ساختمان های سبز و پایدار - حمایت های دولتی و مالی از پروژه های نوآورانه	- وابستگی به تأمین کنندگان خاص برای مصالح با کیفیت - مشکلات اجرایی ناشی از طراحی های پیچیده - فشارهای مالی ناشی از هزینه های ساخت بالا
۴	زیما	- تمایل به توسعه فضاهای سبز و بام سبز در شهرها - تقاضا برای طراحی هایی با رویکرد زیست محیطی - رشد تقاضا برای مکان های زندگی با کیفیت و استراحت	- کاهش حمایت های دولتی یا تغییر سیاست ها - محدودیت در دسترسی به فناوری های پیشرفته - مشکلات در پیاده سازی فناوری های سبز در مقیاس بزرگ

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)



نمودار ۵- یافته های پژوهش

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

استفاده از تحلیل SWOT به عنوان ابزاری کارآمد برای شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در مجتمع‌های مسکونی مورد بررسی قرار گرفته است. این تحلیل، با تمرکز بر فناوری‌های سبز، امکان ارائه راهبردهایی موثر برای بهبود پایداری این مجتمع‌ها در مواجهه با شرایط محیطی و اقتصادی را فراهم کرده است.

براساس تحلیل SWOT، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با مجتمع‌های مسکونی تهران شناسایی شده است. در ادامه، ماتریس ارزیابی عوامل خارجی و داخلی با هدف تعیین امتیازهای وزن‌دار هر یک از این عوامل تهیه شده است تا راهبردهای مناسب برای بهبود پایداری مجتمع‌ها بر اساس فناوری‌های سبز تدوین گردد.

جدول ۱۴- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE)

عنوان مجتمع	شرح	عوامل خارجی	وزن	امتیاز وزن موجود (۴-۱)	امتیاز وزنی
بوتیک	فرصت‌ها	تقاضای بازار برای ساختمان‌های سبز و پایدار	۰,۲۰	۴	۰,۸۰
		رشد نگرش‌های محیطی و اجتماعی نسبت به معماری پایدار	۰,۱۵	۳	۰,۴۵
		رشد تقاضا برای فضاهای سبز در پروژه‌های شهری	۰,۱۵	۴	۰,۶۰
	تهدیدها	نوسانات بازار مواد اولیه و تکنولوژی‌های سبز	۰,۱۵	۲	۰,۳۰
		افزایش قیمت انرژی در کوتاه‌مدت	۰,۱۰	۳	۰,۳۰
		بحران‌های اقتصادی و تأثیر منفی بر بودجه‌های پروژه	۰,۱۰	۲	۰,۲۰
نسرين	فرصت‌ها	علاقه به طراحی‌هایی که با طبیعت هم‌راستا هستند	۰,۲۰	۴	۰,۸۰
		افزایش آگاهی عمومی درباره معماری پایدار	۰,۱۵	۳	۰,۴۵
		سیاست‌های حمایتی از ساختمان‌های سبز و پایدار	۰,۱۰	۴	۰,۴۰
	تهدیدها	تحریم‌ها یا محدودیت‌های واردات مصالح خاص	۰,۱۰	۲	۰,۲۰
		چالش‌های اجرایی در مناطق با اقلیم‌های خاص	۰,۱۰	۲	۰,۲۰
		مقاومت جامعه محلی در پذیرش تغییرات	۰,۰۵	۱	۰,۰۵
کامران	فرصت‌ها	تقاضا برای ساختمان‌های با کیفیت و کم مصرف	۰,۲۰	۴	۰,۸۰
		افزایش رقابت در بازار ساختمان‌های سبز و پایدار	۰,۱۵	۳	۰,۴۵
		حمایت‌های دولتی و مالی از پروژه‌های نوآورانه	۰,۱۰	۴	۰,۴۰
	تهدیدها	وابستگی به تأمین‌کنندگان خاص برای مصالح با کیفیت	۰,۱۵	۲	۰,۳۰
		مشکلات اجرایی ناشی از طراحی‌های پیچیده	۰,۱۰	۲	۰,۲۰
		فشارهای مالی ناشی از هزینه‌های ساخت بالا	۰,۰۵	۱	۰,۰۵
زیما	فرصت‌ها	تمایل به توسعه فضاهای سبز و بام سبز در شهرها	۰,۲۵	۴	۱,۰۰
		تقاضا برای طراحی‌هایی با رویکرد زیست‌محیطی	۰,۲۰	۳	۰,۶۰
		رشد تقاضا برای مکان‌های زندگی با کیفیت و استراحت	۰,۱۵	۴	۰,۶۰
	تهدیدها	کاهش حمایت‌های دولتی یا تغییر سیاست‌ها	۰,۱۵	۲	۰,۳۰
		محدودیت در دسترسی به فناوری‌های پیشرفته	۰,۱۰	۲	۰,۲۰
		مشکلات در پیاده‌سازی فناوری‌های سبز در مقیاس بزرگ	۰,۰۵	۱	۰,۰۵
	جمع کل		۱,۰۰		۶,۹۰

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۱۵- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE)

عنوان مجتمع	شرح	عوامل داخلی	وزن	رتبه (۴-۱)	امتیاز وزنی
بوتیک	نقاط قوت	ایجاد هویت و زیبایی بصری	0.10	4	0.40
		تبادل کربن دی‌اکسید و اکسیژن	0.08	3	0.24
		کاهش آلودگی صوتی	0.08	4	0.32
		ایجاد زیستگاه و بهبود کیفیت بوم‌شناختی	0.07	3	0.21
		تعدیل اثر جزایر حرارتی شهر	0.07	3	0.21
		ایجاد تعامل بین ساکنین	0.08	4	0.32
		افزایش ارزش ملک	0.10	4	0.40
		کاهش اثر گازهای گلخانه‌ای	0.07	3	0.21

عنوان مجتمع	شرح	عوامل داخلی	وزن	رتبه (۱-۴)	امتیاز وزنی
نسرين	نقاط ضعف	امكان بروز مشكلات فنی	0.08	2	0.16
		هزینه‌های ناشی از نصب، تعمیر و نگهداری	0.08	2	0.16
		پیچیدگی در طراحی و اجرا	0.07	2	0.14
	نقاط قوت	زیبایی و جذابیت بصری	0.10	4	0.40
		افزایش تنوع زیستی	0.08	3	0.24
		عملکرد به عنوان عایق صدا	0.07	3	0.21
		کاهش اثر جزیره گرمایی شهری	0.08	4	0.32
		کاهش اثر گازهای گلخانه‌ای	0.07	3	0.21
		بهبود کیفیت هوا	0.08	4	0.32
		افزایش تعاملات ساکنین	0.07	3	0.21
		افزایش ارزش ملک	0.10	4	0.40
	نقاط ضعف	امكان بروز مشكلات فنی	0.08	2	0.16
		هزینه‌های ناشی از نصب، تعمیر و نگهداری	0.08	2	0.16
		پیچیدگی در طراحی و اجرا	0.07	2	0.14
کامران	نقاط قوت	کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری ساختمان	0.10	4	0.40
		سهولت در نگهداری ساختمان	0.10	4	0.40
		افزایش سرعت اجرای ساختمان	0.08	3	0.24
		سادگی در طراحی	0.08	3	0.24
	نقاط ضعف	کاهش جذابیت و زیبایی بصری ساختمان	0.10	2	0.20
		عدم توجه به بعد محیطی پایداری شهری	0.08	2	0.16
		کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری ساختمان	0.10	4	0.40
		سهولت در نگهداری ساختمان	0.10	4	0.40
زیما	نقاط قوت	افزایش سرعت اجرای ساختمان	0.08	3	0.24
		سادگی در طراحی	0.08	3	0.24
		کاهش جذابیت و زیبایی بصری ساختمان	0.10	2	0.20
		عدم توجه به بعد محیطی پایداری شهری	0.08	2	0.16
	نقاط ضعف	کاهش جذابیت و زیبایی بصری ساختمان	0.10	2	0.20
		عدم توجه به بعد محیطی پایداری شهری	0.08	2	0.16
		جمع کل	1.00		6.99

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

براساس مطالعات صورت گرفته، راهبردهای تهاجمی، تغییر جهت، تنوع و تدافعی ترکیبی تدوین شده است که در جدول ۱۶ نشان داده شده است:

جدول ۱۶- راهبردهای ترکیبی تهاجمی، تغییر جهت، تنوع و تدافعی

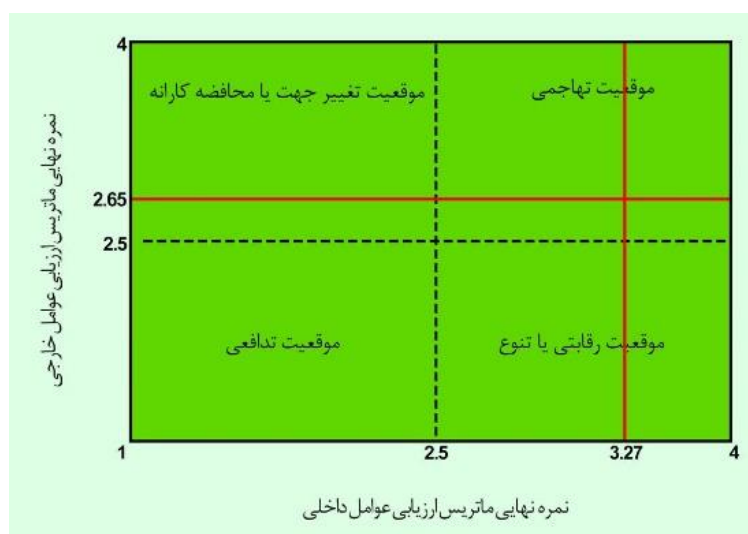
عنوان مجتمع	استراتژی		ترکیب عوامل مورد نظر	
	راهبرد SO		فرصت (O)	قوت‌ها (S)
بوتیک	۱. بهره‌برداری از تقاضای فزاینده برای ساختمان‌های پایدار با استفاده از طراحی‌های سبز و دارای هویت مشخص.		O1	S1
	۲. افزایش فضاهای سبز برای بهبود کیفیت هوا و ارتقاء تعاملات اجتماعی در محوطه و فضاهای عمومی.		O2	S2
	۳. معرفی مجتمع به عنوان نمونه‌ای از معماری پایدار و کاهش اثرات زیست‌محیطی.		O3	S3
	راهبرد ST		تهدیدها (T)	قوت‌ها (S)
	۱. کاهش وابستگی به تأمین‌کنندگان خاص از طریق تنوع در مصالح سبز و منابع تأمین.		T1	S1
	۲. بهره‌گیری از سیستم‌های انرژی خورشیدی برای کاهش هزینه‌های انرژی.		T2	S2
	۳. طراحی اقلیمی برای کاهش مشکلات اجرایی و افزایش سازگاری با شرایط آب‌وهوایی.		T3	S3
	راهبرد WO		فرصت (O)	ضعف (W)
	۱. همکاری با بخش خصوصی و بهره‌گیری از حمایت‌های دولتی برای تأمین منابع مالی پروژه.		O1	W1

عنوان مجتمع		استراتژی	ترکیب عوامل مورد نظر	
		راهبرد SO	فرصت (O)	قوت‌ها (S)
نسرين	۲. استفاده از روش‌های نوین ساخت برای کاهش پیچیدگی‌های طراحی و اجرای پروژه.		O2	W2
	۳. مشاوره با متخصصان برای بهینه‌سازی فرآیندهای اجرایی و کاهش مشکلات فنی.		O3	W3
	راهبرد WT		تهدیدها (T)	ضعف (W)
	۱. استفاده از مصالح ارزان‌تر و بومی‌تر برای کاهش هزینه‌های پروژه.		T1	W1
	۲. بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های هوشمند برای مدیریت مصرف انرژی.		T2	W2
	۳. به‌کارگیری تکنولوژی‌های استاندارد برای کاهش مشکلات اجرایی و بهینه‌سازی فرآیند ساخت.		T3	W3
عنوان مجتمع		استراتژی	ترکیب عوامل مورد نظر	
		راهبرد SO	فرصت (O)	قوت‌ها (S)
نسرين	۱. طراحی پایدار و هویت زیست‌محیطی برای جذب مخاطبان علاقه‌مند به ساختمان‌های سبز.		O1	S1
	۲. ایجاد فضاهای سبز در محوطه برای بهبود کیفیت هوا و تعامل اجتماعی.		O2	S2
	۳. معرفی مجتمع به‌عنوان الگوی معماری پایدار در منطقه.		O3	S3
	راهبرد ST		تهدیدها (T)	قوت‌ها (S)
	۱. کاهش وابستگی به تأمین‌کنندگان خاص از طریق تأمین مصالح متنوع و سازگار با محیط.		T1	S1
	۲. استفاده از انرژی‌های خورشیدی و طراحی اقلیمی برای کاهش هزینه‌های انرژی.		T2	S2
	۳. بهینه‌سازی طراحی‌ها برای انطباق با شرایط اقلیمی خاص منطقه.		T3	S3
	راهبرد WO		فرصت (O)	ضعف (W)
	۱. استفاده از حمایت‌های دولتی و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی برای کاهش هزینه‌های اولیه ساخت.		O1	W1
	۲. ساده‌سازی طراحی و استفاده از فناوری‌های نوین ساخت‌وساز برای افزایش سرعت اجرا.		O2	W2
	۳. همکاری با متخصصان برای کاهش ریسک‌های فنی در فرآیند طراحی و اجرا.		O3	W3
	راهبرد WT		تهدیدها (T)	ضعف (W)
	۱. انتخاب مصالح بومی و مقرون‌به‌صرفه برای کاهش هزینه‌ها.		T1	W1
	۲. بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند برای کاهش مصرف انرژی و پیچیدگی‌های نگهداری.		T2	W2
	۳. پیاده‌سازی طراحی‌های استاندارد برای کاهش مشکلات اجرایی و کنترل هزینه‌ها.		T3	W3
عنوان مجتمع		استراتژی	ترکیب عوامل مورد نظر	
		راهبرد SO	فرصت (O)	قوت‌ها (S)
کامران	۱. بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از طراحی‌های هوشمند و کارآمد به‌منظور کاهش هزینه‌ها.		O1	S1
	۲. ایجاد فضاهای سبز در محوطه و ترانس‌ها برای ارتقاء کیفیت محیطی، با توجه به عدم وجود بام و نمای سبز.		O2	S2
	۳. معرفی پروژه به‌عنوان نمونه‌ای از معماری کارآمد و بهینه در مصرف انرژی.		O3	S3
	راهبرد ST		تهدیدها (T)	قوت‌ها (S)
	۱. استفاده از مصالح پایدار و باکیفیت برای کاهش وابستگی به تأمین‌کنندگان خاص.		T1	S1
	۲. بهره‌گیری از طراحی اقلیمی و ارتقای تهویه طبیعی برای کاهش هزینه‌های انرژی، به‌جای استفاده از نمای سبز.		T2	S2
	۳. ارتقای نورپردازی طبیعی برای کاهش وابستگی به منابع انرژی غیرتجدیدپذیر.		T3	S3
	راهبرد WO		فرصت (O)	ضعف (W)
	۱. همکاری با نهادهای دولتی و خصوصی برای تأمین مالی پروژه و کاهش هزینه‌های اولیه.		O1	W1
	۲. استفاده از روش‌های نوین ساخت‌وساز برای کاهش هزینه‌ها و بهبود بهره‌وری.		O2	W2
	۳. همکاری با مشاوران متخصص برای بهینه‌سازی فرآیندهای اجرایی و کاهش چالش‌های فنی.		O3	W3
	راهبرد WT		تهدیدها (T)	ضعف (W)
	۱. استفاده از مصالح ارزان‌تر و مقاوم برای کاهش هزینه‌های پروژه در غیاب بام و نمای سبز.		T1	W1
	۲. بهره‌برداری از سیستم‌های هوشمند و انرژی‌های تجدیدپذیر جهت کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های جاری.		T2	W2

عنوان مجتمع		استراتژی	ترکیب عوامل مورد نظر
		راهبرد SO	فرصت (O) قوتها (S)
		۳. پیاده سازی تکنولوژی های پیشرفته برای کاهش مشکلات اجرایی و کنترل هزینه ها.	W3 T3
عنوان مجتمع		استراتژی	ترکیب عوامل مورد نظر
		راهبرد SO	فرصت (O) قوتها (S)
زیما	۱. افزایش فضای سبز در محوطه برای بهبود کیفیت محیطی و ایجاد فضای دعوت کننده، با در نظر گرفتن عدم وجود بام و نمای سبز.		S1 O1
	۲. استفاده از سیستم های هوشمند مدیریت انرژی برای بهینه سازی مصرف و کاهش هزینه های عملیاتی.		S2 O2
	۳. معرفی پروژه به عنوان نمونه ای از معماری کارآمد در مصرف انرژی و استفاده از مصالح بادوام.		S3 O3
	راهبرد ST		تهدیدها (T) قوتها (S)
	۱. به کارگیری مصالح کم مصرف و عایق های حرارتی برای کاهش هزینه های انرژی، به دلیل نبود بام و نمای سبز.		S1 T1
	۲. بهبود تهویه طبیعی و افزایش نورپردازی برای کاهش نیاز به سیستم های مکانیکی.		S2 T2
	۳. نصب سلول های خورشیدی برای تأمین بخشی از انرژی مصرفی و کاهش هزینه ها.		S3 T3
	راهبرد WO		فرصت (O) ضعف (W)
	۱. بهره گیری از حمایت های دولتی برای تأمین منابع مالی پروژه و کاهش هزینه های نصب و نگهداری.		W1 O1
	۲. استفاده از روش های نوین ساخت و ساز برای تسهیل در اجرا و کاهش پیچیدگی ها.		W2 O2
	۳. همکاری با متخصصان جهت بهینه سازی فرایندهای اجرایی و کاهش چالش های فنی.		W3 O3
	راهبرد WT		تهدیدها (T) ضعف (W)
	۱. انتخاب مقرون به صرفه برای کاهش هزینه های ساخت، به دلیل عدم وجود بام و نمای سبز.		W1 T1
	۲. بهره گیری از سیستم های هوشمند برای مدیریت مصرف انرژی و کاهش هزینه های جاری.		W2 T2
	۳. پیاده سازی فناوری های پیشرفته برای کاهش مشکلات اجرایی و بهبود کارایی پروژه.		W3 T3

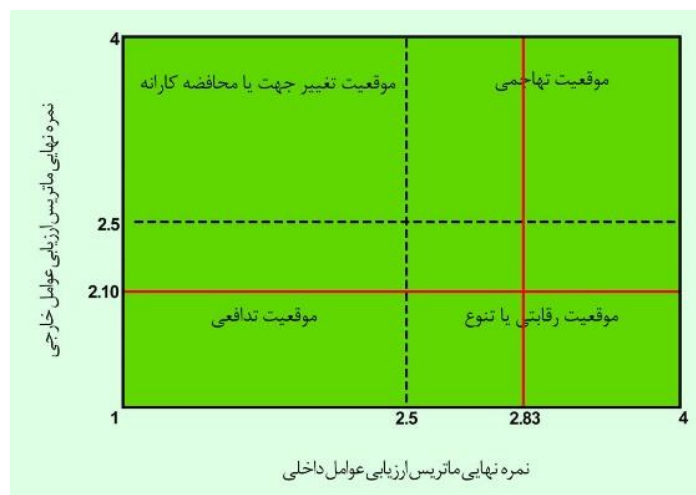
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

برای تحلیل هم زمان عوامل درونی و بیرونی از ماتریس درونی و بیرونی استفاده شده است. در این ماتریس، نمره های به دست آمده در یک طیف دویخی قوی (۲,۵ تا ۴) و ضعیف (۱ تا ۲,۵) تعیین می شوند که نتایج این ارزیابی در نمودارهای زیر نشان داده شده است:

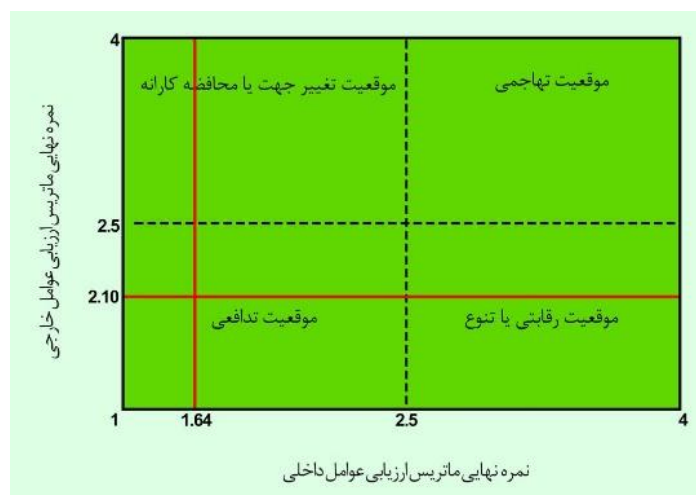


نمودار ۶- ماتریس درونی و بیرونی مجتمع بوتیک

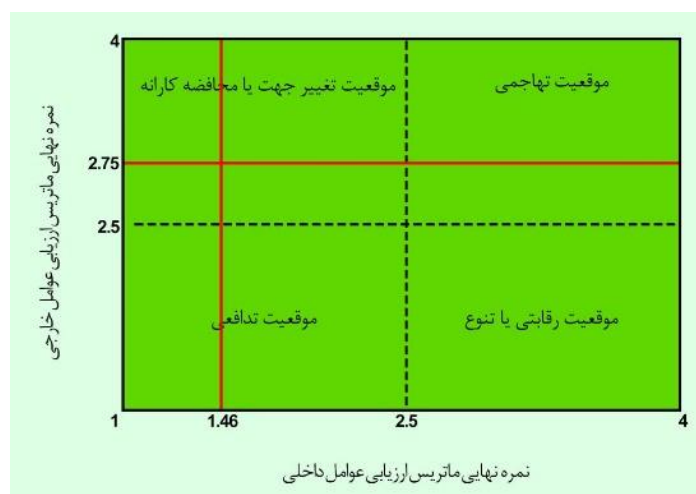
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)



نمودار ۷- ماتریس درونی و بیرونی مجتمع نسرين
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)



نمودار ۸- ماتریس درونی و بیرونی مجتمع کامران
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)



نمودار ۹- ماتریس درونی و بیرونی مجتمع زیما
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

با توجه به جدول های ارزیابی عوامل خارجی و داخلی، امتیاز کل برای مجتمع بوتیک عوامل خارجی ۲٫۶۵ و عوامل داخلی ۳٫۲۷، برای مجتمع نسرين عوامل خارجی ۲٫۱۰ و عوامل داخلی ۲٫۸۳، برای مجتمع کامران عوامل خارجی ۲٫۲۰ و عوامل داخلی ۱٫۶۴، و برای مجتمع زیما عوامل خارجی ۲٫۷۵ و عوامل داخلی ۱٫۴۶ است. این نتایج نشان می دهد که مجتمع بوتیک و نسرين نسبت به کامران و زیما در وضعیت مطلوب تری قرار دارند. تحلیل SWOT نشان می دهد که مجتمع بوتیک در موقعیت تهاجمی (SO) قرار دارد که امکان بهره گیری از فرصت ها برای تقویت نقاط قوت را فراهم می کند. مجتمع نسرين در موقعیت تغییر جهت (WO) قرار دارد که نیازمند راهبردهایی برای کاهش نقاط ضعف و استفاده بهینه از فرصت ها است. مجتمع کامران در موقعیت تدافعی (WT) قرار دارد که بر کاهش تهدیدها و تقویت نقاط ضعف تمرکز دارد. مجتمع زیما نیز در موقعیت تدافعی (WT) قرار گرفته که نشان دهنده نیاز به تدوین راهبردهایی برای کاهش ضعف ها و مقابله با تهدیدهای محیطی است. راهبردهای تدوین شده در جدول ۱۴ شامل ترکیب هایی از راهبردهای تهاجمی (SO)، تغییر جهت (ST)، تنوع (WO) و تدافعی (WT) هستند که به طور دقیق با ارزیابی های SWOT تنظیم شده اند و می توانند به عنوان الگو برای بهبود وضعیت پروژه های مسکونی و مجتمع های پایدار در تهران و مناطق مشابه استفاده شوند.

جدول ۱۷- تجزیه و تحلیل SWOT و راهبردها

عنوان مجتمع	راهبرد	نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت ها	تهدیدها
بوتیک	WT (راهبرد تدافعی)	- بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر و سیستم های هوشمند	- نیاز به هزینه های اولیه بالا برای پیاده سازی پروژه ها	- بهینه سازی منابع برای مقابله با مشکلات اقتصادی	- نوسانات اقتصادی و کاهش بودجه های اختصاص یافته به پروژه های سبز
	SO (راهبرد تهاجمی)	- کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی با استفاده از فناوری های سبز	- نیاز به زیرساخت های مناسب برای پروژه های سبز	- توسعه فناوری های سبز و کاهش هزینه های مرتبط با آن	- رشد آگاهی عمومی و تقاضا برای فضاهای سبز
	ST (راهبرد تنوع)	- طراحی سبز و هویت مشخص برای مجتمع	- پیچیدگی های فنی در اجرای پروژه ها	- تنوع تأمین مصالح سبز	- تغییرات مستمر در قوانین و مقررات زیست محیطی
	WO (راهبردهای تغییر جهت)	- توسعه فضاهای عمومی جذاب تر برای ساکنان	- هزینه های نصب و نگهداری بالا	- همکاری با شرکت های فناوری سبز برای توسعه پروژه ها	- کاهش بودجه های اختصاص یافته به پروژه های سبز در شرایط اقتصادی
نسرين	WT (راهبرد تدافعی)	- بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر و کاهش هزینه ها	- نیاز به هزینه های اولیه برای پیاده سازی پروژه ها	- بهینه سازی مصرف انرژی در پروژه ها	- نوسانات اقتصادی و کاهش بودجه ها
	SO (راهبرد تهاجمی)	- طراحی سبز و هویت زیست محیطی	- نیاز به زیرساخت های مناسب برای پروژه های سبز	- حمایت های دولتی و تسهیلات مالی برای پروژه های سبز	- رشد آگاهی عمومی و تقاضا برای فضاهای سبز
	ST (راهبرد تنوع)	- تنوع تأمین مصالح سبز	- پیچیدگی های فنی در اجرای پروژه ها	- کاهش وابستگی به تأمین کنندگان خاص و استفاده از مصالح متنوع	- تغییرات مستمر در قوانین و مقررات زیست محیطی
	WO (راهبردهای تغییر جهت)	- توسعه فضاهای عمومی جذاب تر برای ساکنان	- هزینه های نصب و نگهداری بالا	- همکاری با شرکت های فناوری سبز برای توسعه پروژه ها	- کاهش بودجه های اختصاص یافته به پروژه های سبز در شرایط اقتصادی
کامران	WT (راهبرد تدافعی)	- بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر و سیستم های هوشمند	- نیاز به هزینه های اولیه برای پیاده سازی پروژه ها	- بهینه سازی منابع برای مقابله با مشکلات اقتصادی	- نوسانات اقتصادی و کاهش بودجه های اختصاص یافته به پروژه های سبز
	SO (راهبرد تهاجمی)	- بهینه سازی انرژی	- نیاز به زیرساخت های مناسب برای پروژه های سبز	- افزایش تقاضا برای فضاهای سبز	- تغییرات سریع در قوانین و مقررات زیست محیطی
	ST (راهبرد تنوع)	- ایجاد فضاهای سبز در محوطه و تراس ها	- پیچیدگی های فنی در اجرای پروژه ها	- ارتقای تهویه و نورپردازی طبیعی	- تغییرات سریع در قوانین و مقررات زیست محیطی
	WO (راهبردهای تغییر جهت)	- توسعه فضاهای عمومی جذاب تر برای ساکنان	- هزینه های نصب و نگهداری بالا	- همکاری با شرکت های فناوری سبز برای توسعه پروژه ها	- کاهش بودجه های اختصاص یافته به پروژه های سبز در شرایط اقتصادی

عنوان مجتمع	راهبرد	نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت‌ها	تهدیدها
زیما	WT (راهبرد تدافعی)	- به کارگیری مصالح کم‌مصرف و عایق‌های حرارتی	- هزینه‌های نصب و نگهداری بالا	- بهینه‌سازی مصرف انرژی	- نوسانات اقتصادی و کاهش بودجه‌ها
	SO (راهبرد تهاجمی)	- طراحی سبز و هویت مشخص برای مجتمع	- نیاز به نیروی کار متخصص برای نگهداری پروژه‌های سبز	- حمایت‌های دولتی برای پروژه‌های سبز	- رشد آگاهی عمومی و تقاضا برای فضاهای سبز
	ST (راهبرد تنوع)	- ایجاد سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی	- نیاز به تخصص بالا برای نگهداری و اجرای فناوری‌های سبز	- افزایش فضای سبز محوطه و بهبود تهویه طبیعی	- تغییرات سریع در قوانین و مقررات زیست‌محیطی
	WO (راهبردهای تغییر جهت)	- توسعه فضاهای عمومی جذاب‌تر برای ساکنان	- هزینه‌های نصب و نگهداری بالا	- همکاری با شرکت‌های فناوری سبز برای توسعه پروژه‌ها	- کاهش بودجه‌های اختصاص یافته به پروژه‌های سبز در شرایط اقتصادی

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، راهبردهای منتخب به صورت جدول شماره ۱۸ نشان داده شده است:

جدول ۱۸- فهرست راهبردهای منتخب

مجتمع مسکونی	SO (استفاده از فرصت‌ها و نقاط قوت)	WO (برطرف کردن نقاط ضعف با بهره‌گیری از فرصت‌ها)	ST (استفاده از نقاط قوت برای مقابله با تهدیدها)	WT (کاهش نقاط ضعف و تهدیدها)
بوتیک	بهره‌برداری از طراحی‌های سبز برای جلب توجه به معماری سبز و کاهش مصرف انرژی، به‌دست آوردن هویت مشخص	استفاده از طرح‌های حمایتی دولتی و همکاری با بخش خصوصی برای کاهش هزینه‌های بالا و تسهیل فرآیندها	کاهش وابستگی به تأمین‌کنندگان خاص و تنوع در تأمین مصالح سبز برای تثبیت بازار و افزایش ارزش ملک	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی اقلیمی برای کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها
نسرين	طراحی‌های سبز و کاهش مصرف انرژی برای تبدیل شدن به نماد ساختمان پایدار و تقویت هویت محیط زیستی	طرح‌های حمایتی دولتی و همکاری با بخش خصوصی برای کاهش هزینه‌های اولیه و تسهیل فرآیندهای نصب و نگهداری	تنوع در تأمین مصالح سبز برای مقاومت در برابر نوسانات بازار و افزایش ارزش ملک	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی اقلیمی برای کاهش هزینه‌ها و تأثیرات منفی اقتصادی
کامران	بهره‌برداری از طراحی مدرن و متریال باکیفیت برای جلب توجه به ساختمان‌های پایدار و افزایش آگاهی عمومی نسبت به معماری سبز.	استفاده از حمایت‌های دولتی برای رفع کمبود بام و نمای سبز و افزایش فضاهای تعامل اجتماعی.	استفاده از طراحی مدرن و متریال باکیفیت برای مقابله با افزایش هزینه‌های انرژی و تقویت ارزش رقابتی.	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی اقلیمی برای کاهش هزینه‌های انرژی و تقویت تاب‌آوری در برابر تهدیدها.
زیما	استفاده از دسترسی مناسب به امکانات شهری و کیفیت ساخت بالا برای بهبود عملکرد انرژی و بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید در تولید مصالح پایدار.	استفاده از حمایت‌های مالی دولتی و تسهیلات برای به‌کارگیری سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی و بهبود وضعیت نمای سبز.	استفاده از کیفیت ساخت بالا و مصالح بادوام برای کاهش هزینه‌های نگهداری و مقابله با تهدیدهایی مانند رقابت با مجتمع‌های سبز.	نصب سلول‌های خورشیدی و ایجاد سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی برای مقابله با تهدیدات اقتصادی و افزایش هزینه‌های انرژی.

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

پس از برگزیدن راهبردهای موردنظر و براساس تحلیل SWOT، به منظور عینیت بخشی به راهبردهای مطلوب از ماتریس برنامه ریزی راهبردی کمی یا QSPM استفاده شده است. نتایج این ارزیابی در جدول ۱۹ نشان داده شده است:

جدول ۱۹- ماتریس برنامه ریزی راهبردی کمی

عنوان مجتمع	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها							
			راهبرد ۱: طراحی سبز و کاهش مصرف انرژی				راهبرد ۲: استفاده از حمایت های دولتی و همکاری با بخش خصوصی			
			امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت
بوتیک	قوت ها (S)	S ₁ : طراحی سبز و هویت مشخص برای مجتمع	۰,۳	۰,۴	۱,۲	۳,۵	۱,۰۵	۳,۰	۰,۹	۲,۸
		S ₂ : بهره برداری از تقاضا برای ساختمان های پایدار	۰,۳	۳,۸	۱,۱۴	۳,۶	۱,۰۸	۳,۲	۰,۹۶	۲,۵
	ضعف ها (W)	W ₁ : هزینه های زیاد	۰,۲	۲,۴	۰,۴۸	۳,۰	۰,۶	۲,۶	۰,۵۲	۲,۵
		W ₂ : مشکلات نصب و نگهداری	۰,۲۵	۲,۶	۰,۶۵	۲,۸	۰,۷	۳,۲	۰,۸	۲,۴
	فرصت ها (O)	O ₁ : همکاری با بخش خصوصی	۰,۲۵	۴,۰	۱,۰	۴,۰	۱,۰	۳,۸	۰,۹۵	۳,۷
		O ₂ : حمایت های دولتی برای توسعه پروژه های سبز	۰,۲۵	۴,۰	۱,۰	۳,۵	۰,۸۷	۳,۹	۰,۹۷	۳,۷
	تهدید ها (T)	T ₁ : نوسانات اقتصادی	۰,۲۵	۳,۲	۰,۸	۳,۶	۰,۹	۳,۷	۰,۹۲	۲,۵
		T ₂ : کاهش تقاضا در برخی بازارها	۰,۲۵	۳,۲	۰,۸	۳,۶	۰,۹	۳,۷	۰,۹۲	۲,۵
	جمع کل		۱,۰۰	۱۳,۶	۴,۱۲	۱۳,۷	۴,۵۴	۱۱,۳	۴,۳	۹,۸
			راهبردها							
عنوان مجتمع	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها							
			راهبرد ۱: طراحی سبز و زیست محیطی				راهبرد ۲: استفاده از حمایت های دولتی و تسهیل فرایندها			
			امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت
نسرين	قوت ها (S)	S ₁ : طراحی سبز و هویت زیست محیطی	۰,۳	۴,۲	۱,۲۶	۳,۸	۱,۱۴	۳,۵	۱,۰۵	۳,۶
		S ₂ : کاهش هزینه های انرژی	۰,۳	۳,۹	۱,۱۷	۳,۶	۱,۰۸	۳,۴	۱,۰۲	۳,۸
	ضعف ها (W)	W ₁ : هزینه های زیاد برای نصب و نگهداری	۰,۲	۲,۵	۰,۵	۳,۰	۰,۶	۲,۸	۰,۵۶	۲,۶
		W ₂ : نیاز به تأمین مصارف خاص	۰,۲۵	۲,۸	۰,۷	۳,۲	۰,۸	۳,۵	۰,۸۷	۲,۹
	فرصت ها (O)	O ₁ : طرح های حمایتی دولتی	۰,۲۵	۴,۳	۱,۰۷	۴,۵	۱,۱۲	۳,۹	۰,۹۷	۴,۰

۰,۹۷	۳,۹	۰,۹۵	۳,۸	۱,۰۵	۴,۲	۱,۰	۴,۰	۰,۲۵	O2: آگاهی عمومی در مورد ساختمان‌های پایدار		تهدیدها(T)	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها	عنوان مجتمع
۰,۷۲	۲,۹	۰,۹۵	۳,۸	۰,۹۲	۳,۷	۰,۸۲	۳,۳	۰,۲۵	T1: نوسانات بازار						
۰,۷۵	۳,۰	۰,۹	۳,۶	۰,۹۲	۳,۷	۰,۸۷	۳,۵	۰,۲۵	T2: فشار اقتصادی						
۴,۵۷	۱۲,۳	۵,۳۶	۱۳,۷	۵,۷۲	۱۵,۴	۵,۴۸	۱۴,۷	۱,۰۰	جمع کل						
راهبردها															
راهبرد۴: ایجاد فضاهای سبز در محوطه و تراس‌ها		راهبرد۳: ارتقای تهویه و نورپردازی طبیعی		راهبرد۲: استفاده از نمای سبز		راهبرد۱: بهینه‌سازی انرژی									
جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت								
۱,۱۷	۳,۹	۱,۱۴	۳,۸	۱,۱۱	۳,۷	۱,۲	۴,۰	۰,۳	S1: طراحی مدرن و جذاب		قوت‌ها(S)	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها	عنوان مجتمع
۱,۱۴	۳,۸	۱,۱۱	۳,۷	۱,۰۸	۳,۶	۱,۱۴	۳,۸	۰,۳	S2: استفاده از متریکال باکیفیت و بادوام						
۰,۹۲	۳,۷	۰,۸	۳,۲	۰,۸۷	۳,۵	۰,۷۵	۳,۰	۰,۲۵	W1: نبود بام و نمای سبز		ضعف‌ها(W)	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها	عنوان مجتمع
۰,۹۵	۳,۸	۰,۸۲	۳,۳	۰,۹	۳,۶	۰,۸	۳,۲	۰,۲۵	W2: کمبود فضاهای تعامل اجتماعی و سبز						
۰,۸۲	۴,۱	۰,۷۸	۳,۹	۰,۸۸	۴,۴	۰,۸۴	۴,۲	۰,۲	O1: امکان دریافت حمایت‌های دولتی برای پروژه‌های بهینه‌سازی انرژی		فرصت‌ها(O)	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها	عنوان مجتمع
۰,۸	۴,۰	۰,۷۶	۳,۸	۰,۸۴	۴,۲	۰,۸	۴,۰	۰,۲	O2: افزایش آگاهی عمومی نسبت به پایداری و معماری سبز						
۰,۸	۳,۲	۰,۹	۳,۶	۰,۹۵	۳,۸	۰,۸۷	۳,۵	۰,۲۵	T1: افزایش هزینه‌های انرژی		تهدیدها(T)	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها	عنوان مجتمع
۰,۸۲	۳,۳	۰,۸۷	۳,۵	۰,۹۲	۳,۷	۰,۸۵	۳,۴	۰,۲۵	T2: کاهش ارزش رقابتی						
۵,۶۶	۱۴,۹	۵,۳۵	۱۴,۴	۵,۷۴	۱۵,۶	۵,۶۶	۱۴,۹	۱,۰۰	جمع کل						
راهبردها															
راهبرد۴:افزایش فضای سبز محوطه و بهبود تهویه طبیعی		راهبرد۳: ایجاد سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی		راهبرد۲: نصب سلول‌های خورشیدی		راهبرد۱: به کارگیری مصالح کم‌مصرف و عایق‌های حرارتی									
جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت	جمع امتیاز جذابیت	امتیاز جذابیت								
۱,۰۸	۳,۶	۱,۱۴	۳,۸	۱,۰۵	۳,۵	۱,۲۰	۴,۰	۰,۳	S1: دسترسی مناسب به امکانات شهری		قوت‌ها(S)	عوامل داخلی و خارجی اهمیت	ضریب اهمیت	راهبردها	عنوان مجتمع
۱,۱۴	۳,۸	۱,۱۱	۳,۷	۱,۱۷	۳,۹	۱,۲۶	۴,۲	۰,۳	S2: کیفیت ساخت بالا و متریکال بادوام						

۰,۶۴	۳,۲	۰,۵۶	۲,۸	۰,۶	۳,۰	۰,۵۲	۲,۶	۰,۲	W1: نداشتن بام و نمای سبز	ضعف‌ها (W)	
۰,۵۸	۲,۹	۰,۷۲	۳,۶	۰,۶۴	۳,۲	۰,۵۴	۲,۷	۰,۲	W2: نبود سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی		
۰,۹۷	۳,۹	۱,۰۵	۴,۲	۱,۱۲	۴,۵	۱,۰۷	۴,۳	۰,۲۵	O1: حمایت‌های مالی و تسهیلات دولتی برای بهینه‌سازی انرژی	فرصت‌ها (O)	
۰,۹۵	۳,۸	۱,۰۰	۴,۰	۱,۰۷	۴,۳	۱,۰۲	۴,۱	۰,۲۵	O2: پیشرفت تکنولوژی در تولید مصالح پایدار و کم‌مصرف		
۰,۷۵	۳,۰	۰,۹۲	۳,۷	۰,۸۷	۳,۵	۰,۸۰	۳,۲	۰,۲۵	T1: افزایش هزینه‌های انرژی و نگهداری	تهدیدها (T)	
۰,۸۰	۳,۲	۰,۹۰	۳,۶	۰,۹۵	۳,۸	۰,۸۷	۳,۵	۰,۲۵	T2: رقابت با مجتمع‌های دارای طراحی سبز و بهینه		
۷,۴۳	۱۷,۴	۷,۴۰	۱۸,۱	۷,۷۰	۱۸,۱	۷,۲۶	۱۷,۰۸	۱,۰۰	جمع کل		

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

در مرحله پایانی به موجب جدول ۱۶، راهبردهای منتخب براساس ماتریس SWOT و نتایج ماتریس QSPM برحسب جمع امتیاز جذابیت و اولویت‌های تعیین شده، رتبه‌بندی می‌شوند. نتایج این ارزیابی در جدول شماره ۲۰ نشان داده شده است:

جدول ۲۰- رتبه‌بندی راهبردهای منتخب براساس اولویت‌ها

عنوان مجتمع	راهبردهای منتخب	نمره جذابیت	الویت
بوتیک	ST1: طراحی سبز و هویت مشخص برای مجتمع	۳,۵	اول
	WT2: بهره‌برداری از تقاضا برای ساختمان‌های پایدار	۳,۶	دوم
	ST3: تنوع تأمین مصالح سبز	۳,۲	سوم
	WT4: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی اقلیمی	۲,۸	چهارم
نسرين	ST1: طراحی سبز و هویت زیست‌محیطی	۴,۲	اول
	WT2: کاهش هزینه‌های انرژی	۳,۹	دوم
	WT4: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش هزینه‌ها	۳,۸	سوم
	ST3: تنوع تأمین مصالح سبز	۳,۵	چهارم
کامران	ST1: بهینه‌سازی انرژی	۴,۰	اول
	WT2: استفاده از نمای سبز	۳,۷	دوم
	ST4: ایجاد فضاهای سبز در محوطه و تراس‌ها	۳,۹	سوم
	WT3: ارتقای تهویه و نورپردازی طبیعی	۳,۸	چهارم
زیما	ST2: افزایش فضای سبز محوطه و بهبود تهویه طبیعی	۴,۲	اول
	WT1: به‌کارگیری مصالح کم‌مصرف و عایق‌های حرارتی	۴,۰	دوم
	ST3: ایجاد سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی	۳,۷	سوم
	WT4: نصب سلول‌های خورشیدی	۳,۶	چهارم

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳)

تحلیل نتایج رتبه‌بندی راهبردهای منتخب در مجتمع‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که در مجتمع بوتیک، راهبرد "بهره‌برداری از تقاضا برای ساختمان‌های پایدار (WT2)" با کسب بالاترین امتیاز جذابیت، نقش کلیدی در ارتقای پایداری مجتمع ایفا می‌کند. همچنین، "طراحی سبز و هویت مشخص برای مجتمع (ST1)" در جایگاه دوم قرار دارد که نشان‌دهنده اهمیت هویت‌بخشی به محیط ساخته‌شده در راستای اصول معماری پایدار است. در مجتمع نسرين، بالاترین امتیاز به "طراحی سبز و هویت زیست‌محیطی (ST1)" اختصاص یافته است که حاکی از تأثیر چشمگیر طراحی بوم‌گرایانه در ارتقای کیفیت محیطی است. پس از آن، "کاهش هزینه‌های انرژی (WT2)" در رتبه دوم قرار گرفته است، که بر ضرورت رویکردهای کارآمد انرژی در کاهش هزینه‌های بهره‌برداری تأکید دارد. در مجتمع کامران، "بهینه‌سازی انرژی (ST1)" در اولویت راهبردی قرار دارد و بر افزایش بهره‌وری مصرف انرژی متمرکز است. همچنین، "ایجاد فضاهای سبز در محوطه و تراس‌ها (ST4)" جایگاه دوم را به خود اختصاص داده که نشان‌دهنده اهمیت ارتقای کیفیت فضای باز در افزایش مطلوبیت سکونت است. در مجتمع زیما، راهبرد "افزایش فضای سبز محوطه و بهبود تهویه طبیعی (ST2)" بالاترین امتیاز را دریافت کرده است که نشان از جایگاه فناوری‌های سبز در بهینه‌سازی مصرف انرژی دارد. همچنین، "به‌کارگیری مصالح کم‌مصرف و عایق‌های حرارتی (WT1)" در جایگاه دوم قرار گرفته و بر لزوم استفاده از مصالح نوین در راستای کاهش مصرف انرژی تأکید دارد. نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که در راستای ارتقای پایداری مجتمع‌های مسکونی، ترکیب راهبردهای مبتنی بر کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی زیرساخت‌های زیست‌محیطی، و به‌کارگیری فناوری‌های پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌ویژه، راهبردهای مرتبط با طراحی سبز و بهینه‌سازی انرژی به عنوان عوامل کلیدی در دستیابی به معماری پایدار در شهرهای بزرگ مانند تهران مورد تأکید قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

همانطور که در مبحث مبانی نظری پژوهش به آن اشاره شد، بام‌ها و نماهای سبز به عنوان راهکارهای نوین و کارآمد در راستای توسعه پایدار شهری نقش بسزایی ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها با بهبود کیفیت هوا، کاهش اثرات گرمایش جهانی و حفظ انرژی، به طور مستقیم به ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان کمک می‌نمایند. همچنین استفاده از بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی می‌تواند مزایای متعددی را به همراه داشته باشد که در سه بُعد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی قابل بررسی است. از نظر زیست‌محیطی، بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی به کاهش آلودگی هوا، کاهش اثرات جزیره حرارتی شهری، افزایش تنوع زیستی و بهبود عایق‌بندی حرارتی ساختمان‌ها کمک می‌کنند. این فضاها با جذب دی‌اکسید کربن و تولید اکسیژن، به بهبود کیفیت هوای محیط‌های شهری می‌پردازند. همچنین با فراهم آوردن زیستگاه‌های جدید برای گونه‌های گیاهی و جانوری، تنوع زیستی را افزایش می‌دهند، و با جذب دی‌اکسید کربن و تولید اکسیژن، به بهبود کیفیت هوای محیط‌های شهری می‌پردازند. در مجتمع‌های مسکونی، این امر به کاهش آلودگی صوتی و ایجاد محیطی آرام‌تر برای ساکنان نیز منجر می‌شود. از لحاظ اقتصادی، بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی می‌توانند به کاهش هزینه‌های انرژی و افزایش ارزش املاک منجر شوند. این فناوری‌ها با کاهش نیاز به سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، به صرفه‌جویی در مصرف انرژی کمک کرده و در نتیجه هزینه‌های مربوط به انرژی را کاهش می‌دهند. همچنین با ایجاد فضاهای سبز زیبا و جذاب، ارزش املاک را افزایش می‌دهند که این امر می‌تواند به جذب سرمایه‌گذاران و ساکنان جدید کمک کند. در مجتمع‌های مسکونی، کاهش هزینه‌های انرژی و افزایش ارزش ملک می‌تواند موجب رضایت بیشتر ساکنان و بهبود شرایط اقتصادی کلی مجتمع شود.

از نظر اجتماعی، فضاهای سبز ایجاد شده توسط بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی، می‌توانند به بهبود کیفیت زندگی ساکنان، افزایش تعاملات اجتماعی و ارتقاء سلامت روان کمک کنند. این فضاها با ایجاد محیط‌های آرام و دلنشین، به کاهش استرس و افزایش رفاه عمومی می‌پردازند. همچنین با فراهم آوردن فضاهای مناسب برای فعالیت‌های تفریحی و اجتماعی، ارتباطات اجتماعی را تقویت کرده و حس همبستگی جامعه را افزایش می‌دهند. در مجتمع‌های مسکونی، این فضاها می‌توانند به ایجاد حس تعلق و ارتقاء کیفیت زندگی اجتماعی کمک کنند. با این حال، استفاده از بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی نیز چالش‌هایی دارد. هزینه‌های اولیه بالا برای نصب و نیاز به نگهداری و تعمیرات منظم، ممکن است از گسترش این فناوری‌ها جلوگیری کند. با

این حال، برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و حمایت‌های مالی می‌تواند این موانع را کاهش داده و زمینه را برای استفاده گسترده‌تر از بام‌ها و نماهای سبز فراهم سازد.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد، مجتمع‌های مسکونی، با استفاده از زیرساخت‌های سبز، به شکل بام‌ها و نماهای سبز می‌توانند گامی مؤثر برای رسیدن به اصول سه‌گانه توسعه پایدار باشند، براساس پرسش‌های صورت گرفته، از ساکنین مجتمع‌های مذکور، ۷۷٫۴٪ ساکنین از اجرای بام و نمای سبز با توجه به فواید و آسیب‌های گوناگون، رضایت داشته‌اند. از این رو، از دیدگاه ساکنین مجتمع‌های مسکونی، بام‌ها و نماهای سبز می‌توانند مزایای قابل توجهی از نظر انرژی، شرایط آب و هوایی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای ساکنین فراهم آورند. بنابراین، همانطور که جدول ۱۲ نشان می‌دهد، یافته‌های پژوهش بیان می‌کند، بین میزان رضایت ساکنان مجتمع‌های مسکونی مذکور تفاوت چشمگیری وجود دارد. بام‌ها و نماهای سبز به عنوان یکی از اجزای کلیدی توسعه پایدار شهری، نقش مهمی در بهبود کیفیت زندگی شهروندان و حفاظت از محیط زیست ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها نه تنها به ایجاد محیط‌های زیست‌پذیرتر کمک می‌کنند، بلکه با ترویج فرهنگ مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی، می‌توانند به توسعه پایدار و افزایش کیفیت زندگی در شهرها یاری رسانند. استفاده هوشمندانه از بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی می‌تواند به کاهش هزینه‌های انرژی، افزایش ارزش املاک و بهبود کیفیت زندگی ساکنان منجر شود. بنابراین، برنامه‌ریزی و اجرای سیاست‌هایی جهت گسترش استفاده از بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی، امری ضروری و حیاتی به شمار می‌آید. این رویکرد نه تنها به بهبود زندگی ساکنان کمک می‌کند، بلکه به ایجاد شهرهایی پایدارتر و زیست‌پذیرتر برای نسل‌های آینده نیز کمک خواهد کرد. براین اساس، به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار و بهره‌گیری بهینه از بام‌ها و نماهای سبز در مجتمع‌های مسکونی، باید اقدامات جامعی صورت گیرد. این اقدامات شامل آموزش و آگاهی‌رسانی به مدیران شهری و ساکنان، ارائه تسهیلات مالی و مشوق‌های مالیاتی، تدوین و اجرای قوانین حمایتی، حمایت از تحقیقات علمی و توسعه فناوری‌های نوین، و تشویق به مشارکت جامعه است. با اجرای این راهکارها، می‌توان افق‌های روشنی برای آینده ایجاد کرد که در آن بام‌ها و نماهای سبز نه تنها به بهبود کیفیت زندگی و کاهش مصرف انرژی کمک می‌کنند، بلکه نقش مهمی در ارتقاء سلامت عمومی و پایداری محیط زیست ایفا خواهند کرد.

یافته‌های پژوهش حاضر با تحقیقات اخیر همخوانی دارد. به عنوان مثال، مطالعه‌ای انجام شده در تهران (۱۴۰۱) نشان داده‌است که بام‌های سبز می‌توانند تا ۲۰٪ از غلظت ذرات معلق در هوا را کاهش دهند. همچنین، پژوهش‌های انجام شده در اصفهان (۱۴۰۰) و شیراز (۱۳۹۹) تأثیر مثبت بام‌های سبز را بر کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت زندگی ساکنان تأیید کرده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که بام‌ها و نماهای سبز به عنوان راهکارهایی مؤثر در توسعه پایدار شهری و بهبود کیفیت محیطی شناخته می‌شوند. به همین دلیل، بام‌ها و نماهای سبز همچنان به عنوان راهکاری مؤثر در بهبود کیفیت زندگی و ارتقای پایداری شهری مورد توجه محققان و برنامه‌ریزان قرار دارند. بر اساس تحلیل‌ها، "طراحی سبز و هویت زیست‌محیطی (ST1)" در مجتمع نسرين و "افزایش فضای سبز محوطه و بهبود تهویه طبیعی (ST2)" در مجتمع زیما، هر دو با نمره‌ی جذابیت ۴٫۲، در اولویت نخست قرار گرفته‌اند. این راهبردها با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای کیفیت محیطی، بیشترین امتیاز را دریافت کرده‌اند. در رتبه‌های بعدی، "بهینه‌سازی انرژی (ST1)" در مجتمع کامران و "به‌کارگیری مصالح کم‌مصرف و عایق‌های حرارتی (WT1)" در مجتمع زیما با نمره‌ی ۴٫۰ قرار دارند که نشان‌دهنده‌ی اهمیت مصالح پایدار و بهره‌وری انرژی در توسعه‌ی شهری است. به‌طور کلی، اجرای این راهبردها نقش کلیدی در توسعه‌ی پایدار شهری و رفع چالش‌های زیست‌محیطی ایفا می‌کند و با ترکیب فناوری‌های نوین، طراحی هوشمند و سیاست‌های حمایتی، می‌توان تأثیرات مثبت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری را تضمین کرد.

منابع

- خالدی، شاهین؛ حبیب، فرح؛ و ماجدی، حمید. (۱۴۰۱). نوآوری‌ها و فناوری‌های بام سبز با تأکید بر منطقه یک تهران، آمایش محیط، (۶۵)، ۱۹۲-۱۷۵.
- <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2676783.1402.16.61.9.5>
- دربان، علی؛ و جواد نیا، مینا. (۱۳۹۷). معماری سبز گامی به سوی معماری پایدار، معمارشناسی، ۱(۵)، ۶-۱.
- <https://sid.ir/paper/514998/fa>
- دهخدا، علی اکبر. (۱۳۴۵). لغت نامه دهخدا، تهران، نشر دانشگاه تهران.

صفوی، سید محمد مهدی. (۱۳۹۲). نقش بام و نماهای سبز از منظر پدافند غیرعامل (نمونه موردی: نقش بدنه های سبز در شهر تهران)، معماری و شهرسازی پایدار، ۱(۲)، ۳۹-۴۱. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25886274.1392.1.2.3.1>

طوفان، سحر. (۱۳۸۸). بام های حیات، معماری و ساختمان، ۴.

قربانی پارام، افشین. (۱۴۰۰). ارائه الگوی جدید برج سازی بر مبنای توسعه پایداری اجتماعی در استان تهران، آینده پژوهی شهری، ۱(۳)، ۴۸-۲۵. <https://doi.org/10.30495/uf.2022.1950274.1024>

References:

- Ayres, R. U., & Ayres, L. W. (1989). "Industrial Ecology: Towards Closing the Materials Cycle". Edward Elgar Publishing. DOI: 10.4337/9781035303298
- Batty, M. (2013). "The New Science of Cities". MIT Press.
- Benz, W. (1937). Die Wand von Morgen - vertikale Garten [The wall of tomorrow - vertical gardens]. Bodenkultur, 1, 217-223.
- Blanc, P. (2008). The vertical garden: From nature to the city. WW Norton & Company.
- Brundtland, G. H. (1987). "Our Common Future". United Nations.
- Bullard, R. D. (1990). "Dumping in Dixie: Race, Class, and Environmental Quality". Westview Press.
- Catton, W. R. (1980). "Overshoot: The Ecological Basis of Revolutionary Change". University of Illinois Press.
- Charnley, F., Lemon, M., Evans, S., & Ball, P. D. (2019). "Exploring the process of whole system innovation in manufacturing firms". Journal of Cleaner Production, 201, 1-13. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.246.
- Chen, L., Peng, S., & Zhao, H. (2022). "Air quality improvement by green facades in urban environments: A review." Urban Climate, 42, 101099. DOI: 10.1016/j.uclim.2022.101099.
- Choi, J., & Han, J. (2023). Sustainable Economic Growth and Environment Protection. Sustainability, 15(4), 3307. DOI: 10.3390/su15043307.
- Cullen, J. M., & Allwood, J. M. (2010). "The efficient use of materials: Engineering and economic.
- Daly, H. E. (1996). "Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development". Beacon Press.
- D'Amato, D., Miller, T., & Sengo, T. (2023). Green Growth and the circular economy transition towards sustainability: A review. Sustainability, 15(2), 1220. DOI: 10.3390/su15021220.
- Darban, A., & Javadnia, M. (2018). Green Architecture: A Step Towards Sustainable Architecture, Architectology, 1(5), 1-6. <https://sid.ir/paper/514998/fa> [In Persian]
- Dehkhoda, A. A. (1966). Dehkhoda Dictionary, Tehran, University of Tehran Press. [In Persian]
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2008). Planting Green Roofs and Living Walls. Timber Press.
- Elkington, J. (1997). "Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business". Capstone.
- Francis, R. A., & Lorimer, J. (2011). Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. Journal of Environmental Management, 92(6), 1429-1437. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.01.012.
- Geddes, P. (1915). Cities in evolution. London: Williams & Norgate.
- Ghalehtemouri, K. J., Shamsoddini, A., Bayramzadeh, N., & Mousavi, M. N. (2023). Identifying the pleasant sounds in the city's public parks environment (Case study: Mellat riverside park, Urmia). 1., 9(1), 149-165. <https://doi.org/10.25765/sauc.v9i1.690>
- Ghorbani Param, A. (2021). Presenting a New Model of Tower Construction Based on Social Sustainability Development in Tehran Province, Urban Foresight, 1(3), 25-48. <https://doi.org/10.30495/uf.2022.1950274.1024> [In Persian]
- Grober, U., & Schneidewind, U. (2018). Sustainable Development: Concepts, Rationalities and Strategies. Routledge.
- Hämäläinen, T. J. (2022). Human sustainability. Journal of Cleaner Production, 361, 132137. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.132137.
- Hanker, R. (1986). Dauerbegrünte Fassaden. Karlsruhe: Müller.
- Haran, M. (2023). Social sustainability in the information society. Sustainability, 15(3), 2477. DOI: 10.3390/su15032477.
- Huang, L., Wu, J., & Yan, L. (2022). Defining and measuring urban sustainability: A review of indicators. Landscape Ecology, 37(5), 1175-1193. DOI: 10.1007/s10980-021-01293-6.
- Hussein, A., Riffat, S., & Gillott, M. (2021). "A holistic plan of flat roof to green-roof conversion: Towards a sustainable built environment." Building and Environment, 108101. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108101.
- Johnson, T., Martinez, A., & Lee, K. (2022). "Challenges and solutions for the maintenance of green facades." Building and Environment, 207, 108404. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108404.
- Jones, M., Taylor, R., & Green, D. (2023). "The psychological impact of urban green walls: Reducing stress and anxiety in city dwellers." Urban Forestry & Urban Greening, 75, 127-135. DOI: 10.1016/j.ufug.2022.127135.
- Khaledi, S., Habib, F., & Majidi, H. (2022). Innovations and Technologies of Green Roofs with Emphasis on District 1 of Tehran, Environmental Planning, (65), 175-192. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2676783.1402.16.61.9.5> [In Persian]

- Koningen, H. (1994). Dauerhaft am Bau: Formen und Konstruktionen der Fassadenbegrünung [Lasting in construction: Forms and constructions of facade greening]. *Garten und Landschaft*, 104(6), 33-38.
- Littig, B., & Griessler, E. (2022). Social sustainability: Theories and perspectives. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 367-396. DOI: 10.1146/annurev-environ-112420-114755.
- Lubchenco, J., Drake, J., & Henderson, M. (2023). Sustainability is sustainable. *Nature Sustainability*, 6(1), 1-3. DOI: 10.1038/s41893-022-00986-0.
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863-871. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.203.
- Manso, M., Teixeira, C., & Carmona, P. (2021). Green vertical systems: Exploring sustainable solutions for indoor environments. *Sustainability*, 13(2), 745. DOI: 10.3390/su13020745.
- Mihalakakou, G., Souliotis, M., Papadaki, M., & Menounou, P. (2023). "Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability: Progress and perspectives." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180, 113306. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113306.
- Mousavi, M. N., Shirazi, S. A., Nasar-u-Minallah, M., & Bayramzadeh, N. (2025). Introducing the Mousavi Primate City Index for Iran's Urban System assessment. *GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY*, 18(1), 44-53. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2025-3218>
- Mousavi, M., Jafarpour Ghalehtemouri, K., & Bayramzadeh, N. (2025). Assessing social infrastructure in border areas from a city prosperity perspective: a case study of border townships in West Azarbaijan Province, Iran. *Discov. Cities*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s44327-025-00057-3>
- Mousavi, M., Jafarpour Ghalehtemouri, K., Bagheri Kashkouli, A., & Bayramzadeh, N. (2024). Mitigating development barriers and addressing disparities in border cities of Iran: a comprehensive analysis of border provinces and influential factors. *Geojournal*, 89(4), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10708-024-11181-9>
- Pearce, D., Markandya, A., & Barbier, E. B. (1993). "Blueprint for a Green Economy". Earthscan.
- Peck, S. W., Callaghan, C., Kuhn, M. E., & Bass, B. (1999). Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation.
- Raven, J., Schot, J., & Berkhout, F. (2020). Transition through Innovation: Key Elements for an Integrated Research Agenda. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, 1-16. DOI: 10.1016/j.eist.2019.11.001.
- Raworth, K. (2017). Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist. Random House Business.
- Sachs, J. D., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovic, N., & Rockström, J. (2023). Transformations for achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability*, 6(1), 11-18. DOI: 10.1038/s41893-022-00977-1.
- Safavi, S. M. M. (2013). The Role of Green Roofs and Facades from the Perspective of Passive Defense (Case Study: The Role of Green Facades in Tehran). *Sustainable Architecture and Urbanism*, 1(2), 29-41 <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25886274.1392.1.2.3.1>. [In Persian]
- Schmalz, S. (2022). Linking economic and environmental sustainability in green growth strategies: Conceptual considerations and key indicators. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 31(1), 17-25. DOI: 10.14512/gaia.31.1.6.
- Smith, P., Johnson, L., & Brown, R. (2022). "Biodiversity benefits of green facades in urban environments." *Journal of Environmental Management*, 301, 113849.
- Spies, F., Wu, W., He, Y., Wang, S., & Thees, O. (2023). Measuring Sustainability: A holistic approach to sustainability assessment. *Ecological Indicators*, 146, 109764. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113849.
- Tofan, S. (2009). Living Roofs, *Architecture and Building*, 4. DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109764. [In Persian]
- United Nations Environment Programme. (2020). "Greening the Building Supply Chain." Retrieved from UNEP.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). "Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems". *Ecology and Society*, 9(2), 5.
- WCED. (1987). Our common future. Oxford University Press. DOI: 10.5751/ES-00650-090205.
- Wong, N. H., & Tan, A. Y. K. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 45(3), 663-672. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.08.005.
- Zhang, H., Wang, Z., & Li, Y. (2021). "Energy performance of green facades in residential buildings: A case study in a hot-summer and cold-winter zone." *Energy and Buildings*, 234, 110712. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.110712.
- www.amar.thmporg.ir
- www.caoi.ir
- www.nextoffice.ir